PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Elektronische componenten

Leerlingboek BS 2

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

Tweede, herziene druk 1976
Derde druk 1977
Vijfde druk 1979

161220·2

PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Elektronische componenten

Leerlingboek BS 2

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

Tweede, herziene druk 1976
Derde druk 1977
Vijfde druk 1979

INHOUDSOPGAVE



b

B 111

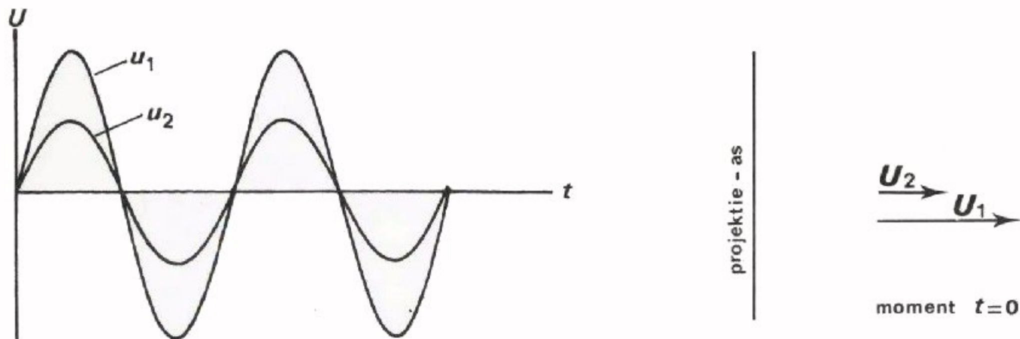
HERHALING FASE EN CONDENSATOR 1

In het A-stuk hebben we gesproken over de fase van wisselstromen en spanningen. Tevens hebben we eigenschappen en toepassingen van condensators behandeld. Voordat we de component "condensator" bespreken, gaan we in twee lessen de fase en de condensator nog eens herhalen.

Enkele tips:

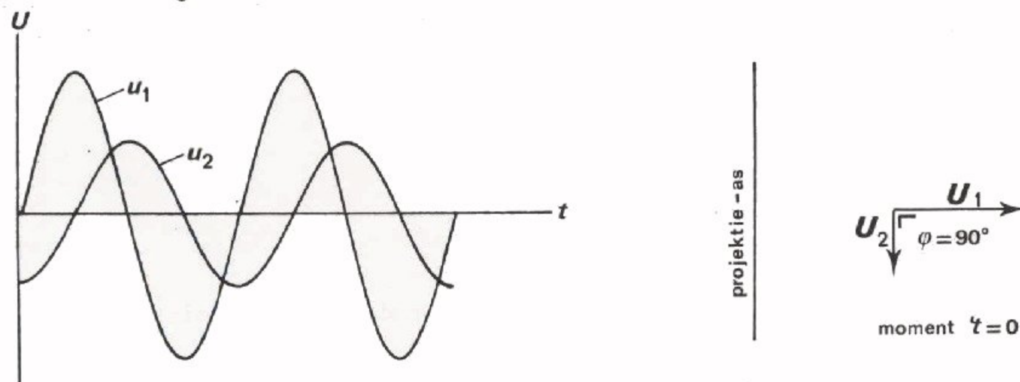
- Werk deze herhalingslessen grondig door.
- Ga na in welke oefeningen u fouten maakte en probeer vooral uit te vinden waarom u die maakte.
- Als u iets nog niet begrijpt, vraag het dan aan uw leraar.

DE FASE



Hier ziet u twee sinusvormige wisselspanningen u_1 en u_2 die in fase zijn.

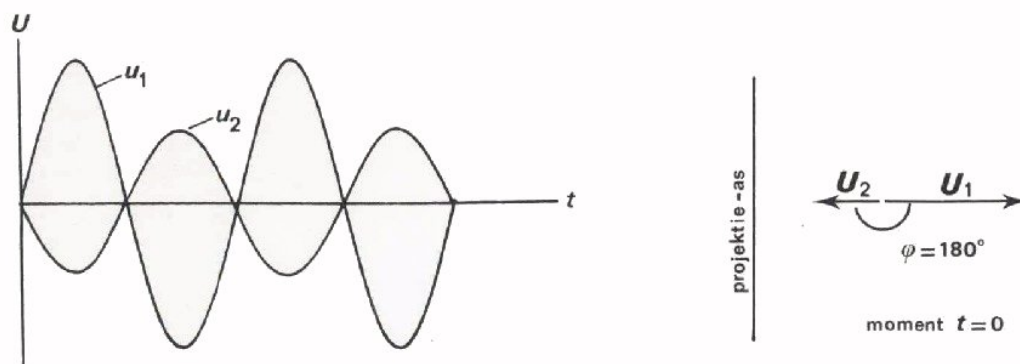
Zij zijn tegelijkertijd nul, maximum positief en maximum negatief. Het al of niet in fase zijn ziet u het gemakkelijkst aan het vectordiagram. Als u_1 en u_2 *in fase* zijn, dan wijzen de vectoren *in dezelfde richting.*



Hier ziet u twee sinusvormige wisselspanningen u_1 en u_2 die in fase verschoven zijn.

De vectoren maken een hoek met elkaar, de z.g. *faseverschuivingshoek* φ.

In dit voorbeeld *ijlt* u_2 90^0 *na* op u_1.
U kunt ook zeggen, dat u_1 90^0 *voorijlt* op u_2.
$\varphi = 90^0$ is een bijzonder geval.

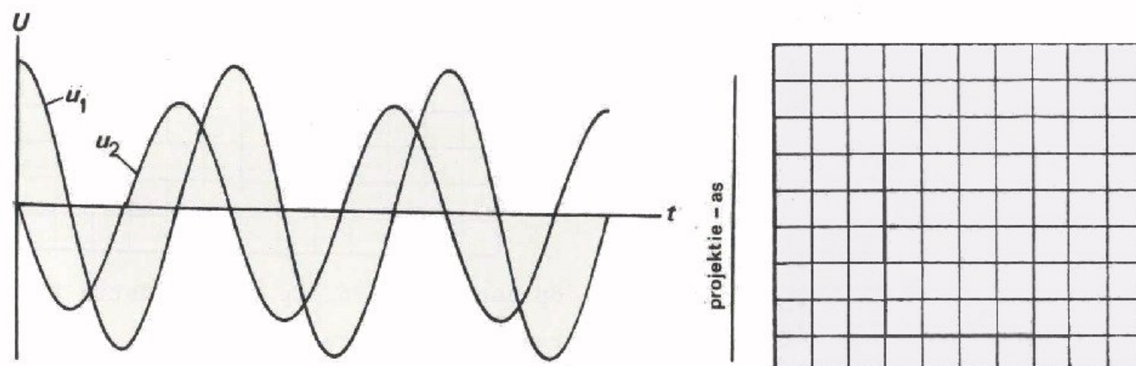


Ook dit is een bijzonder geval. Hier is de faseverschuivingshoek $\varphi = 180^0$, zodat de vectoren *in tegengestelde richting wijzen.*

Men zegt dat u_1 en u_2 in *tegenfase* zijn.

TEST UZELF

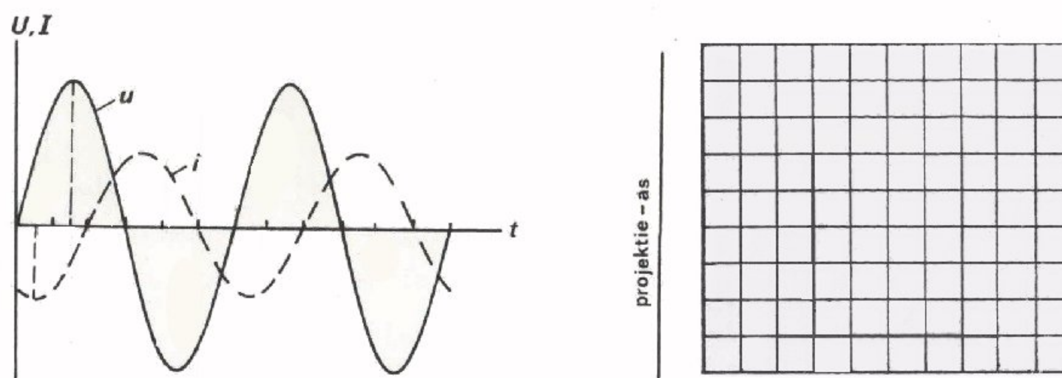
1. Hieronder is een figuur gegeven, waarin de grafieken van twee sinusvormige spanningen zijn getekend. Bepaal de faseverschuivingshoek tussen deze spanningen. Teken daartoe eerst het vectordiagram op het moment $t = 0$.



φ = [ ]

u_1 ijlt [**voor/na**] op u_2.

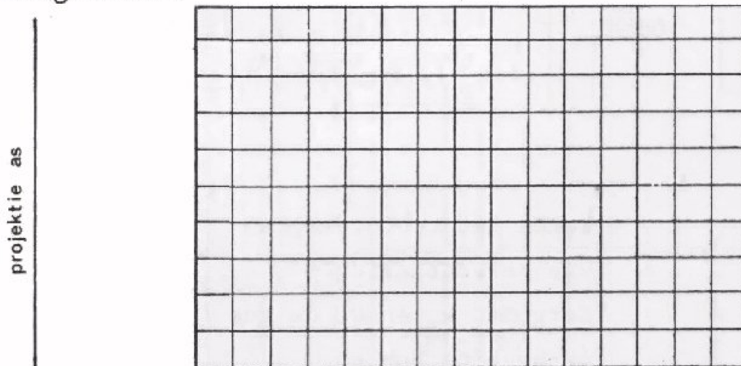
2. Bepaal op dezelfde manier de faseverschuivingshoek φ in het volgend geval.



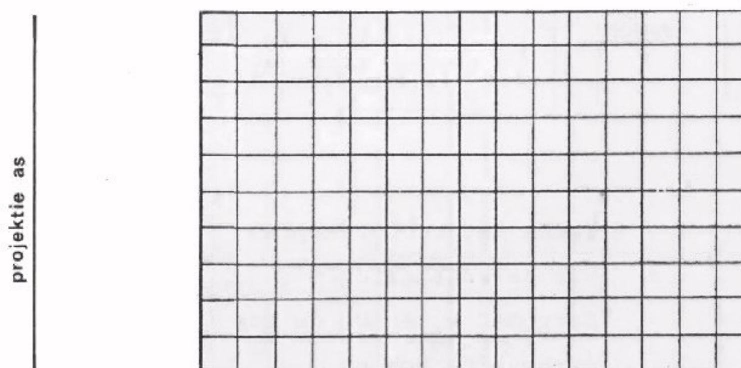
φ = [ ]

u ijlt [voor/~~na~~] op i.

3. Een spanning u ijlt 45^0 voor op een stroom i. Teken in onderstaand vectordiagram de spanningsvector.



4. Een spanning u ijlt 30^0 na op een stroom i. Op het tijdstip $t = 0$ geldt $i = 0$. Teken het vectordiagram op het moment $t = 0$.



OPMERKING

Het is onzin om te spreken over "de fase" bij zaagtand, blok-, driehoeksspanningen, enz. Men kan deze spanningen namelijk niet door vectoren voorstellen; dit is *alleen* mogelijk met sinusvormige grootheden!

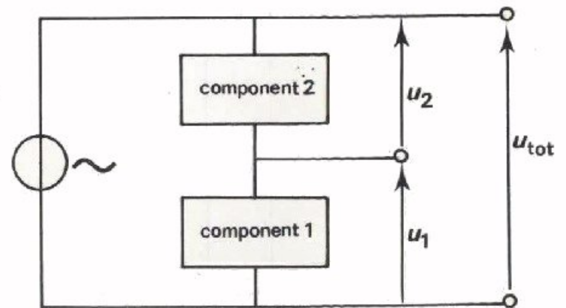
Evenzeer kan men moeilijk over "de fase" spreken bij sinusvormige spanningen met verschillende frequenties. Immers, de vectoren van deze spanningen draaien niet even snel in het rond, zodat de hoek tussen de vectoren voortdurend verandert.

Over *de fase* spreekt men dus alléén bij stromen en spanningen die:

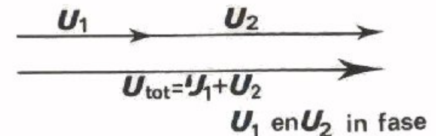
- sinusvormig zijn,

én - dezelfde frequentie hebben.

DE VECTORSOM

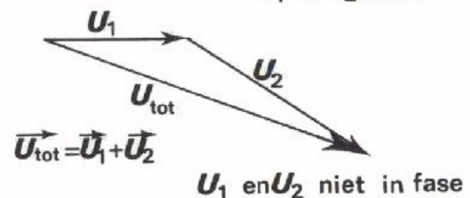


Als in een schakeling zoals hiernaast twee spanningen u_1 en u_2 voorkomen, dan kan men niet zonder meer zeggen dat de totale spanning u_{tot} gelijk is aan de *som* van u_1 en u_2.



Dit is alleen het geval als u_1 en u_2 *in fase* zijn. Zijn de componenten beide *R*'s of *C*'s dan zijn u_1 en u_2 in fase en dan geldt:

$$u_{tot} = u_1 + u_2.$$



Zijn u_1 en u_2 *niet in fase* dan is de totale spanning u_{tot} de *vectorsom* van u_1 en u_2:

$$\boldsymbol{U}_{tot} = \boldsymbol{U}_1 + \boldsymbol{U}_2$$

Nu is u_{tot} *kleiner* dan $u_1 + u_2$.

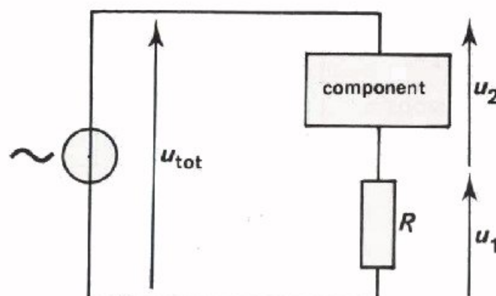
De *vectorsom* van een aantal wisselspanningen die in een schakeling optreden vindt men door hun *vectoren achter elkaar aan* te tekenen en het begin van de eerste vector te verbinden met het eind van de laatste vector.

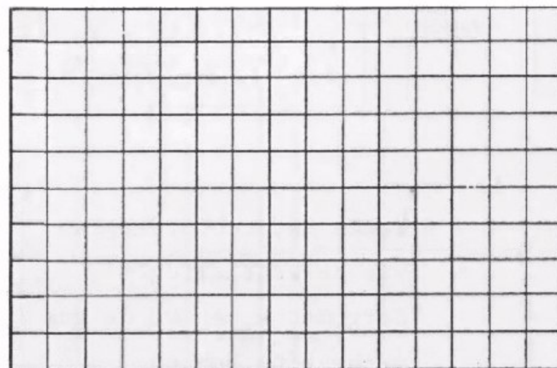
EZELSBRUGGETJE

Zoals in een *schema* de pijlen u_1 en u_2 achter elkaar aan staan, is dit het geval met de vectoren $\boldsymbol{U}_1$ en $\boldsymbol{U}_2$ in het *vectordiagram*. Net zoals in het schema de pijl van u_{tot} gaat van het begin van u_1 naar het eind van u_2, is dit in het vectordiagram het geval.

TEST UZELF

1\.



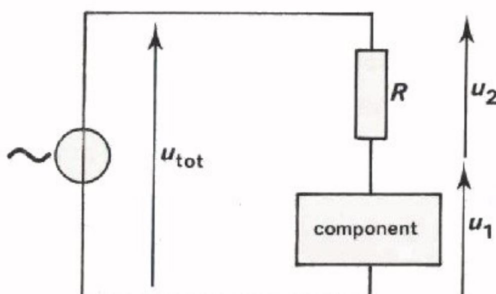


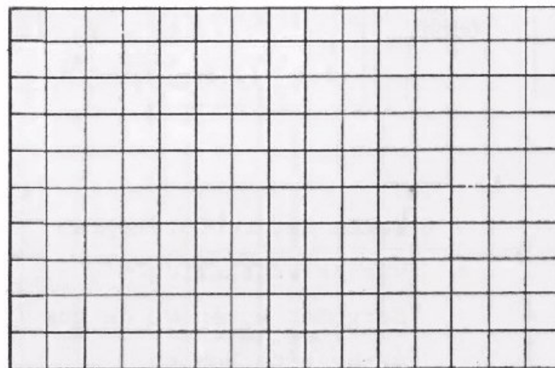
Bepaal $U_{(tot)t}$ als U_{1_t} = 15 V en U_{2_t} = 20 V, terwijl u_2 90° naijlt op u_1.

Teken hierboven eerst het vectordiagram. Neem 1 cm voor 5 V.

$U_{(tot)t} = \sqrt{}$ = [V]

2\.



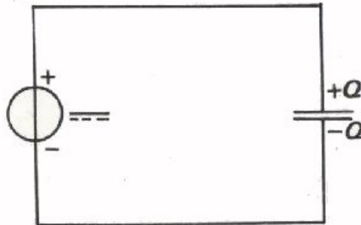


Bepaal $U_{(tot)t}$ als U_{1_t} = 10 V en U_{2_t} = 12 V, terwijl u_2 120° voorijlt op u_1. Teken hierboven eerst het vectordiagram. Neem 1 cm voor 2 V. Meet in het vectordiagram $U_{(tot)t}$ op.

$U_{(tot)t}$ = [V]

DE CONDENSATOR

Een condensator bestaat uit twee geleiders, gescheiden door een isolator.



Als men een condensator aansluit op een gelijkspanningsbron, dan wordt hij geladen.
Er loopt in de toevoerleidingen even een gelijkstroom, waardoor de platen een even grote maar tegengestelde lading krijgen.
Over de condensator komt een spanning te staan.

Als men een constante gelijkstroom van I ampère gedurende t seconde aan een condensator toevoert, verkrijgen de platen tegengestelde ladingen die elk $Q = I \times t$ (C) groot zijn.

Bij een condensator is er een constante verhouding tussen de lading op een van de platen en de spanning over de platen. Deze verhouding noemt men de capaciteit.
In formule:

$$\frac{Q}{U} = C$$

Q	:	lading	in Coulomb (C)
U	:	spanning	in volt (V)
C	:	capaciteit	in farad (F)

De eenheid van capaciteit is de farad F.
Kleinere eenheden zijn:

$1\ \mu F = 10^{-6}\ F$
$1\ nF = 10^{-9}\ F$
$1\ pF = 10^{-12}\ F.$

De capaciteit is groter naarmate:
- het plaatoppervlak groter is,
- de platen dichter bij elkaar staan.

Verder hangt C af van de aard van het diëlektricum.

Sluit men een gelijkspanningsbron aan op een condensator dan loopt er kortstondig een laadstroom in de toevoerleidingen. Sluit men een wisselspanningsbron aan op een condensator dan loopt er voortdurend een wisselstroom in de toevoerleidingen. De condensator wordt afwisselend geladen en ontladen. Door een condensator zelf loopt nooit stroom. Men zegt echter vaak, dat "door" een condensator wisselstroom loopt.

TEST UZELF

1. Hoe groot is de lading die een condensator van 500 pF verkrijgt als die aangesloten wordt op een spanning van 100 V?

   Q = [ ]

2. Aan een condensator van 100 µF voert men gedurende 60 seconden een stroom van 20 µA toe.

   Tot welke spanning is de condensator dan geladen?

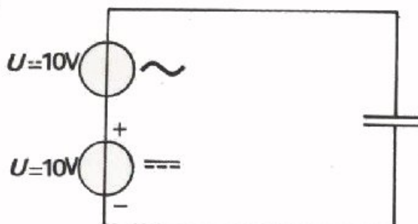
   U = [ ]

3. Als een condensator op zijn platen ladingen heeft van +240 µC en -240 µC, is de spanning tussen de platen 4 V.

   Hoe groot is zijn capaciteit?

   C = [ ]

4\.



In de toevoerleidingen van deze condensator loopt:

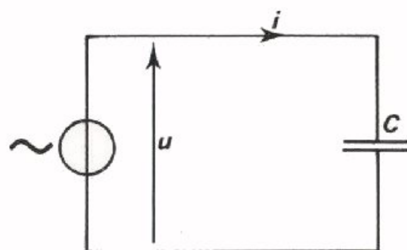
een pulserende gelijkstroom O

een zuivere gelijkstroom O

een onzuivere wisselstroom O

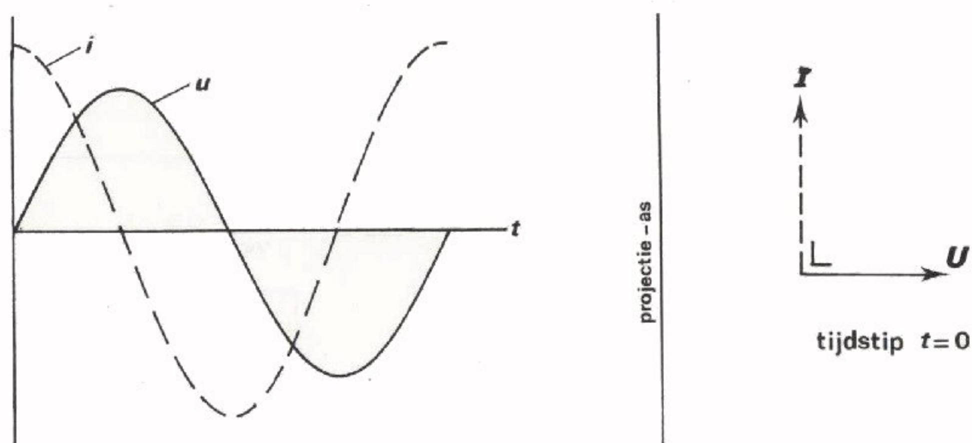
een zuivere wisselstroom O

REACTANTIE



Sluit men op een condensator een *sinusvormige* wisselspanning u aan, dan gaat er eveneens *sinusvormige* wisselstroom i lopen, die 90^0 voorijlt op de spanning.

In nevenstaande figuren is dit alles getekend.



Het quotiënt van de toegevoerde wisselspanning en stroom heet de wisselstroomweerstand of *reactantie* van de condensator.

Deze bedraagt:

$$\frac{u}{i} = X = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{\omega C}$$

X : reactantie Ω

f : frequentie Hz

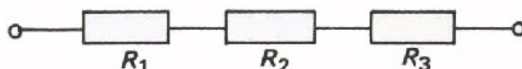
C : capaciteit F

ω : hoekfrequentie = $2\pi f$.

REACTANTIE EN CAPACITEIT BIJ SERIE- EN PARALLELSCHAKELING VAN CONDENSATORS

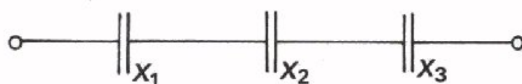
Voor serie- en parallelschakelingen van reactanties gelden soortgelijke formules als voor schakeling van weerstanden.

SERIE



vervangingsweerstand:

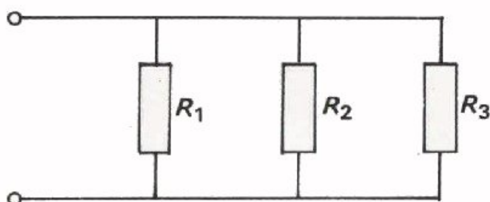
$R_s = R_1 + R_2 + R_3.$



vervangingsreactantie:

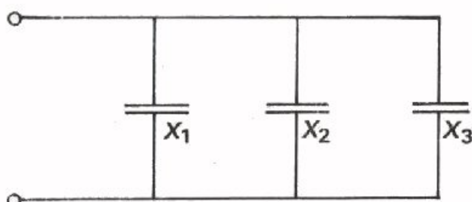
$X_s = X_1 + X_2 + X_3.$

PARALLEL



vervangingsweerstand:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$



vervangingsreactantie:

$$\frac{1}{X_p} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X_3}.$$

Bovenstaande formules gelden dus voor de reactanties. In het *serie*geval geldt voor de vervangingscapaciteit:

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$

In het *parallel*geval geldt voor de vervangingscapaciteit:

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3.$$

Deze laatste formules moet u niet van buiten leren. Zij volgen uit de bovenstaande met behulp van $X = \frac{1}{\omega C}$. Ga dit na.

TEST UZELF

1. Bereken de reactantie van een condensator van 1 nF bij volgende frequenties

f	X
100 Hz	
10 kHz	
1 MHz	

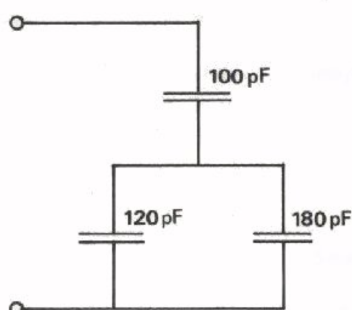
2. Men beschikt over condensators van:

   100 pF, 120 pF, 180 pF, 220 pF, 270 pF, 330 pF, 390 pF, 470 pF en 560 pF.

   Door welke combinaties kan men een capaciteit verkrijgen van:

400 pF	en	**parallel/in serie**
800 pF	en	**parallel/in serie**
110 pF	van	**parallel/in serie**

3. Bereken de reactantie van deze condensatorschakeling bij 100 kHz:



C_{tot} = pF

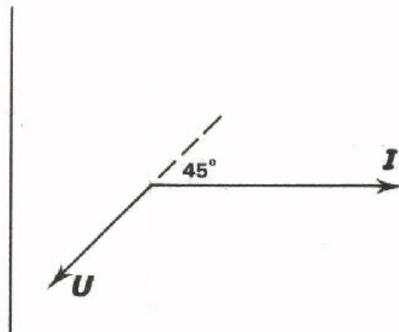
X_{tot} = Ω

B111.12

NAAM: [ ] KLAS: [ ]

OEFENINGEN

1.

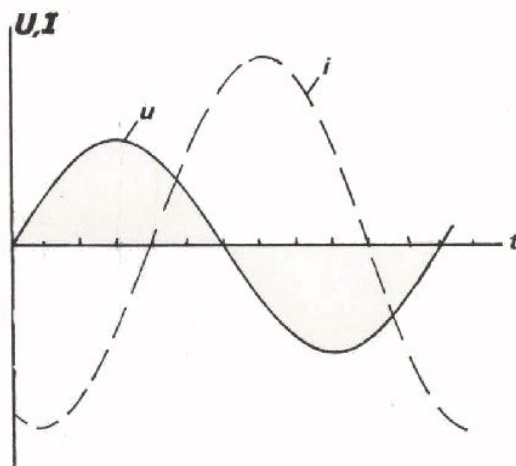


De stroom ijlt:

[ ] **voor/na**

op de spanning.

2.



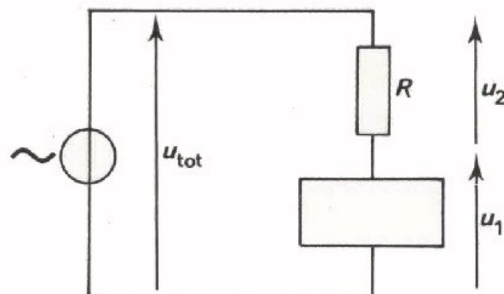
φ = [ ]

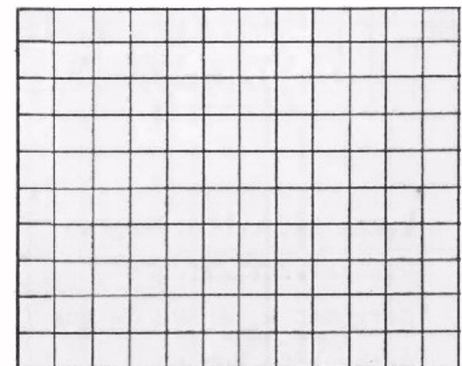
De stroom ijlt:

[ ] **voor/na**

op de spanning.

3.





U_{1_t} = 4 V en U_{2_t} = 3 V

u_2 ijlt 60^0 voor op u_1.

Teken hierboven op schaal nauwkeurig het vectordiagram.

Bepaal $U_{(tot)t}$ door opmeting in het vectordiagram.

$U_{(tot)t}$ = [ ]

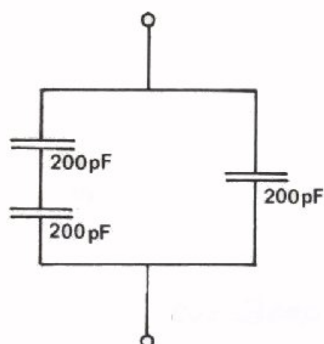
4. Aan een condensator van 50 µF voert men gedurende 20 seconden een stroom van 5 µA toe.
Tot welke spanning is de condensator dan geladen?

U =

5. Bereken de reactantie van een condensator van 1 µF bij de volgende frequenties:

100 Hz	X_C =
1 kHz	X_C =
10 kHz	X_C =

6.



Bereken de reactantie van deze schakeling bij 160 kHz.

X_C =

B 112

HERHALING CONDENSATOR 2

INLEIDING

Alvorens op de component "condensator" nader in te gaan, herhalen we eerst nog enige begrippen uit het A-deel van de kursus.

- Werk deze herhalingsles grondig door.
- Stuit u op onduidelijkheden, vraag dan aan de leraar nadere uitleg.
- Bij het maken van de oefeningen zult u zo nu en dan fouten maken; dat is heel gewoon. Ga echter vooral na waarom u die fouten maakt.

Aan het eind van deze les leren we ook nog een aantal nieuwe dingen over de condensators.

VECTORDIAGRAMMEN

Om goed in te zien wat er met wisselspanningen en -stromen in een schakeling aan de hand is, tekent men een *vectordiagram*.
Hierna volgen een aantal voorbeelden van schakelingen met hun vectordiagram. Eerst een belangrijke opmerking:

- Men begint bij een *serie*schakeling altijd met de *stroom*vector te tekenen. De stroom is immers voor alle componenten in een serieschakeling dezelfde.
- Men begint bij een *parallel*schakeling altijd met de *spannings*-vector te tekenen. De spanning is immers voor alle componenten in een parallelschakeling dezelfde.

Realiseer u verder nog eens goed, dat de projectie van een vector op de projectie-as de momentele waarde voorstelt.

De wisselstroomweerstand $\frac{u}{i}$ van een schakeling die alleen uit C's bestaat wordt *reactantie* X genoemd.
Bestaat de schakeling uit een combinatie van R en C, dan heet de wisselstroomweerstand *impedantie* Z.

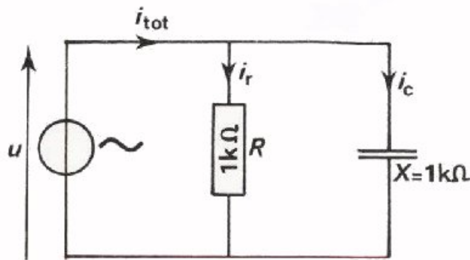
Bestudeer nu aandachtig de volgende schakelingen. U *moet* alles wat op het volgend blad staat geheel *snappen*. Van buiten proberen te leren is zinloos. Hebt u het niet geheel door, vraag dan uw leraar om nadere uitleg.

OVERZICHT VAN ENKELE SCHAKELINGEN

schakeling	vectordiagram	volgorde van tekenen	berekening van de wisselstroom-weerstand
i, u_{tot}, X_2, u_2, X_1, u_1	I, U_1, U_{tot}, U_2 $\cos\varphi = \cos 90° = 0$	I U_1 U_2 U_{tot}	$u_{tot} = u_1 + u_2$ $X_s.i = X_1.i + X_2.i$ $X_s = X_1 + X_2 = \frac{u_{tot}}{i}$
i, u_{tot}, X, u_C, R, u_R	I, U_r, φ, U_{tot}, U_c $\cos\varphi = \frac{U_r}{U_{tot}}$	I U_r U_c U_{tot}	$u^2_{tot} = u^2_R + u^2_C$ $(Z_s.i)^2 = (R.i)^2 + (X.i)^2$ $Z^2_s = R^2 + X^2$ $Z_s = \sqrt{R^2 + X^2} = \frac{u_{tot}}{i}$
i_{tot}, u_{tot}, i_1, i_2, X_1, X_2	I_2, I_{tot}, I_1, U $\cos\varphi = \cos 90° = 0$	U I_1 I_2 I_{tot}	$i_{tot} = i_1 + i_2$ $\frac{u}{X_p} = \frac{u}{X_1} + \frac{u}{X_2}$ $\frac{1}{X_p} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} = \frac{i_{tot}}{u}$
i_{tot}, u_{tot}, i_R, i_C, R, X	I_{tot}, I_C, φ, I_r, U $\cos\varphi = \frac{I_r}{I_{tot}}$	U I_r I_C I_{tot}	$i^2_{tot} = i^2_R + i^2_X$ $(\frac{u}{Z_p})^2 = (\frac{u}{R})^2 + (\frac{u}{X})^2$ $(\frac{1}{Z_p})^2 = \frac{1}{R^2} \quad \frac{1}{X^2}$ $\frac{1}{Z_p} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X^2}} = \frac{i_{tot}}{u}$

TEST UZELF

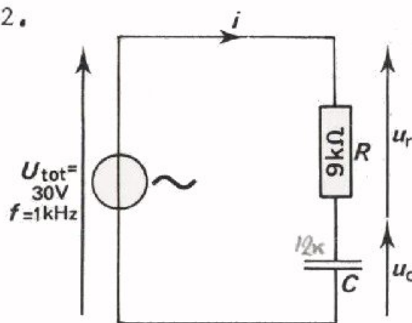
1.



In deze schakeling is de reactantie X van de condensator bij een bepaalde frequentie van de wisselspanning 1 kΩ. Bepaal voor deze schakeling de faseverschuivingshoek φ tussen u en i_{tot}.

$\varphi =$ [ ]

2.

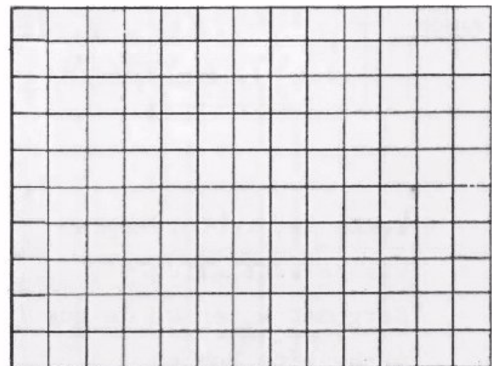


Bij 1000 Hz is de reactantie X van de condensator 12 kΩ.

- Bereken de verhouding $\frac{u_r}{u_c}$

$\frac{u_r}{u_c} = \frac{i \cdot R}{i \cdot X_c} =$ [ ]

- Teken het vectordiagram van de schakeling. Zorg dat u_r en u_c de goede verhouding hebben.



- Bereken Z:

$Z = \sqrt{\quad} =$ [ ]

- Bereken I:

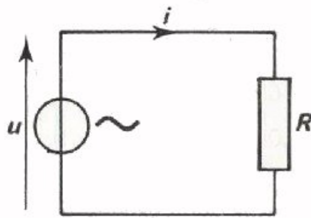
$I = \frac{\quad}{\quad} =$ [ ]

- Bereken u_r en u_c:

$U_r =$ $=$ [ ]

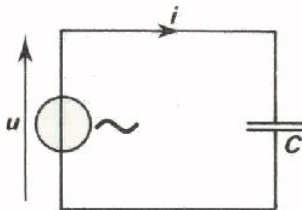
$U_c =$ $=$ [ ]

WISSELSTROOMVERMOGEN



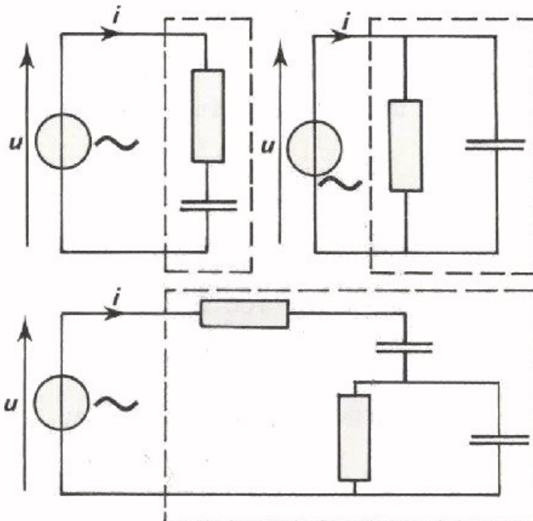
Een weerstand aangesloten op een sinusvormige wisselspanning neemt een wisselstroomvermogen op:

$$P_{r(gem)} = U_{eff} I_{eff} = \frac{U^2_{eff}}{R} = I^2_{eff} . R$$



Een condensator neemt gemiddeld *geen* wisselstroomvermogen op, omdat de stroom en spanning 90^0 in fase verschoven zijn.

$$P_{c(gem)} = 0$$



In een combinatie van R's en C's nemen de R's *wel*, maar de C's gemiddeld *geen* vermogen op. Het wisselstroomvermogen bij zo'n gecombineerde schakeling is:

$$P_{gem} = U_{eff} . I_{eff} . \cos \varphi$$

waarin φ de hoek van faseverschuiving tussen u en i voorstelt.

Aangezien $U_{eff} = \frac{U_t}{\sqrt{2}}$ en $I_{eff} = \frac{I_t}{\sqrt{2}}$, kan men bovenstaande formules ook schrijven als:

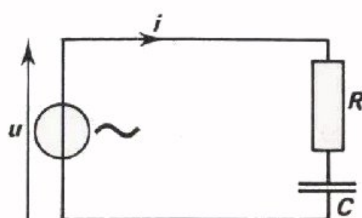
$$P_{R(gem)} = \tfrac{1}{2}\, U_t . I_t$$

$$P_{C(gem)} = 0$$

$$P_{gem} = \tfrac{1}{2}\, U_t . I_t . \cos \varphi$$

OEFENINGEN

1



In deze schakeling:

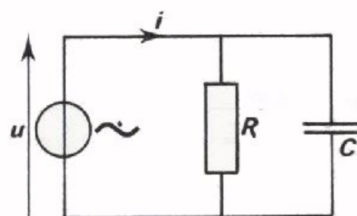
U_t = 100 V
I_t = 20 mA

Stroom en spanning zijn 45^0 in fase verschoven

Het door de schakeling opgenomen vermogen bedraagt:

W

2



In deze schakeling:

U_{eff} = 10 V

f = $\frac{1}{2\pi}$ kHz (≈ 160 Hz)

R = 100 Ω

C = 10 μF

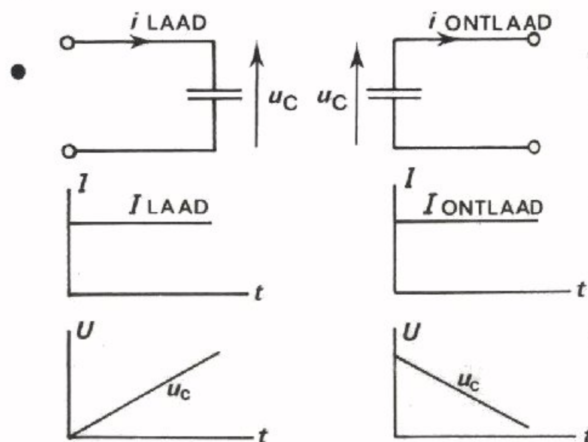
Hoe groot is het opgenomen vermogen?

P = | W |

Had u P ook kunnen berekenen als de waarde van C niet gegeven was?

ja/nee

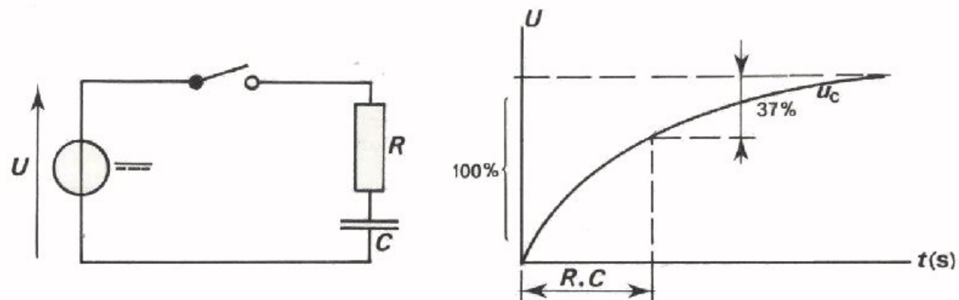
LADEN EN ONTLADEN

- 

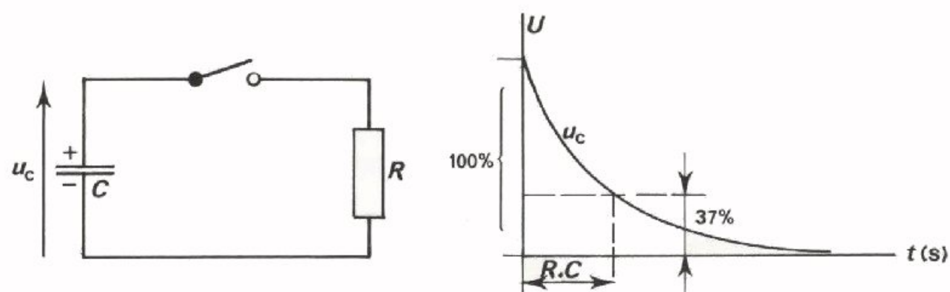
Laadt of ontlaadt men een condensator met *gelijkstroom*, dan neemt de condensatorspanning *lineair* toe of af. Per seconde met een bedrag:

$$u_C = \frac{Q}{C} = \frac{I}{C}$$

Q_1 is lading per seconde.

- 

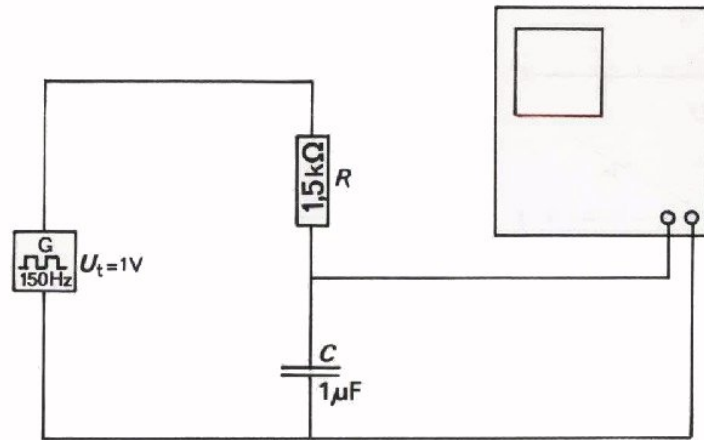
Bij het laden van een condensator via een weerstand verloopt de spanning op de condensator als in bovenstaande grafiek. In *RC* seconden neemt de spanning u_C toe tot (100 - 37)% van de eindwaarde.

- 

Bij het ontladen van een condensator via een weerstand verloopt de spanning op de condensator als in bovenstaande grafiek. In *RC* seconden neemt de spanning u_C af tot 37% van de beginwaarde.

- Drukt men *R* in MΩ en *C* in μF uit dan stelt het product *R C* een aantal seconden voor.

OPDRACHT: OP- EN ONTLADEN VAN EEN *C* VIA EEN *R*.



- Bouw bovenstaand schema en maak ongeveer twee perioden van u_c op het scherm van de oscilloscoop zichtbaar.
- De blokspanning vertegenwoordigt als het ware een gelijkspanning van 1 V die telkens "omgepoold" wordt. De *C* wordt door deze gelijkspanning via de *R* telkens op- en ontladen. U zult zien dat dit "minder dan lineair geschiedt".

DE FORMULE VOOR DE CAPACITEIT.

De grootte van de capaciteit is te berekenen met de formule:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{l}$$

, waarin:

C : capaciteit in farad (F)

A : oppervlak van elk van de platen in m^2.

l : afstand tussen de platen in m.

ε : constante van het isolatie materiaal

De capaciteit van een condensator is dus groter naarmate

- het plaatoppervlak groter is,
- de afstand tussen de platen kleiner is,
- ε van de isolatie groter is.

De constante van het isolatiemateriaal ε wordt de *diëlektrische constante* of *permittiviteit* genoemd.

De permittiviteit van lucht duidt men aan met ε_o.

$$\varepsilon_o = 8{,}85.10^{-12}\ \frac{A.s}{V.m}$$

Deze eenheid behoeft u niet te onthouden.

Voor isolatiematerialen geeft men gewoonlijk niet op hoe groot hun ε is, maar hoe de verhouding is tussen hun ε en die van lucht. Het getal dat dit aangeeft duidt men aan met ε_r, en noemt men wel de "relatieve permittiviteit".

Zo is van mica de ε bijvoorbeeld 7 maal zo groot als die van lucht. Dus voor mica geldt $\varepsilon_r = 7$. De ε van mica is dus:

$$\varepsilon = \varepsilon_r . \varepsilon_o = 7 . \varepsilon_o = 7 . 8{,}85.10^{-12} = 62.10^{-12}.$$

Algemeen geldt de formule:

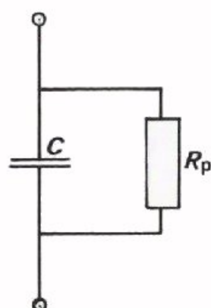
$$\varepsilon = \varepsilon_r . \varepsilon_o$$

Enkele ε_r-waarden van veel toegepaste isolatiematerialen zijn:

lucht	1	mica	6 tot 8
polystyreen	2,5	aluminiumoxyde	10
glas	5 tot 9	papier	3 tot 8
keramiek	4 tot 10 000	tantaliumoxyde	25

DE CONDENSATOR MET VERLIEZEN

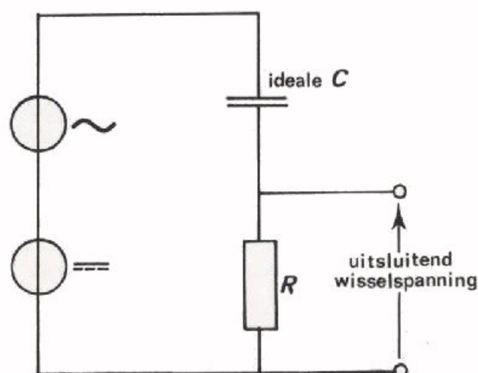
De condensator zoals we die tot nu toe bekeken veronderstelden we *ideaal.* Dat wil zeggen dat we aannamen dat hij geen wisselstroomenergie gebruikte. In werkelijkheid is een condensator nooit geheel ideaal. Een condensator heeft altijd wel wat *verliezen.*

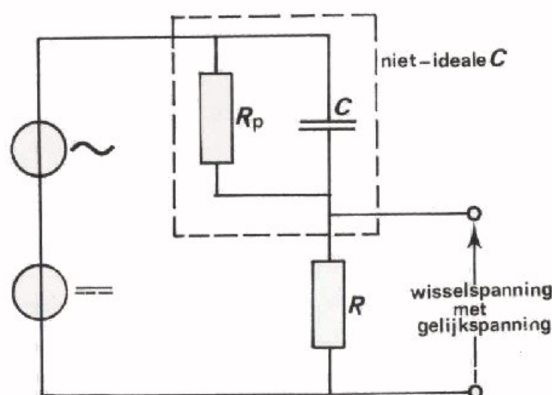


De isolatie tussen de platen van een praktische condensator is nooit ideaal. Iets stroom zal zelfs de beste isolatie wel doorlaten. In een schema kan men dit voorstellen door een grote weerstand R_p parallel aan de condensator te tekenen. Deze noemt men de *lekweerstand* van de condensator.

De aanwezigheid van een parallelweerstand bij een praktische condensator betekent dat hij behalve wisselstroom ook nog enige (ook al is het maar weinig) gelijkstroom doorlaat. Dit kan in sommige elektronica-schakelingen zeer hinderlijk zijn. Een veel voorkomend voorbeeld is het volgende:

Vaak beschikt men in een schakeling over de som van een wissel- en een gelijkspanning, terwijl men aan de uitgang alleen een wisselspanning moet hebben. Men zondert de gelijkspanning dan af door middel van de serie-schakeling van een C en een R. Als de C ideaal is (zonder R_p), ontstaat over de R uitsluitend wisselspanning.



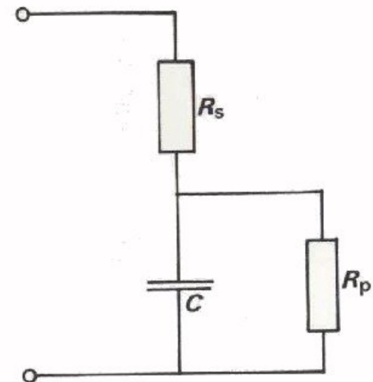


Heeft de C echter enige parallelweerstand R_p, dan gaat er via R_p en R een gelijkstroompje lopen dat enige gelijkspanning over R veroorzaakt. Ook al is dat gelijkstroompje klein, toch kan het nog een niet te verwaarlozen gelijkspanning over R veroorzaken als R groot is.

Stel dat het gelijkstroompje bijvoorbeeld 1 µA bedraagt en R = 1 MΩ, dan komt er over R een spanning te staan van 1 V.

Een praktische condensator heeft bovendien altijd enige *serieweerstand* R_s. Deze serieweerstand vindt men in de platen van de condensator.

Een niet-ideale condensator heeft dus een parallelweerstand R_p en een serieweerstand R_s.



De aanwezigheid van R_p en R_s is er de oorzaak van dat een praktische condensator enig wisselstroom-vermogen verbruikt. De condensator wordt daardoor verwarmd. De fabrikant geeft op hoeveel spanning en stroom een condensator maximaal mag hebben. Dit geldt vooral voor elco's.

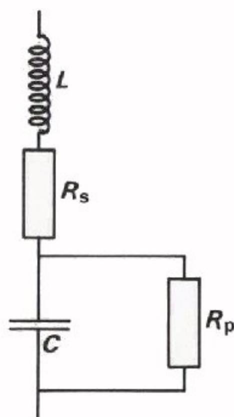
VRAAG

IJlt de stroom bij een niet-ideale condensator nog precies 90^0 voor op de spanning?

i_c ijlt iets meer dan 90^0 voor.	O
i_c ijlt precies 90^0 voor.	O
i_c ijlt iets minder dan 90^0 voor.	O
Niet te zeggen.	O

EEN CONDENSATOR HEEFT OOK ZELFINDUCTIE

Een praktische condensator heeft behalve parallel- en serieweerstand ook nog enige *zelfinductie*. Deze ongewenste zelfinductie noemt men *parasitaire* zelfinductie.



Een praktische condensator is voor te stellen door het hiernaast getekende schema. Hij vertegenwoordigt als het ware een serieresonantiekring.
Flink beneden de resonantiefrequentie is de L te verwaarlozen klein en hebben we echt met een "condensator" te doen. Bij de resonantiefrequentie is het een "kleine weerstand R_s" geworden. Boven de resonantiefrequentie gedraagt de condensator zich daarentegen als een "spoel".

Opmerking: bij deze wisselstroombeschouwingen is R_p te verwaarlozen groot.

DE DOORSLAGSPANNING.

Als de spanning over de isolatie van een condensator te groot wordt, treedt er z.g. *doorslag* op. Dit betekent dat er een kortsluiting tussen de platen ontstaat. De "doorslagspanning" waarbij dit optreedt, hangt af van de aard en van de dikte van het isolatiemateriaal. Hoe dikker de isolatie is, des te groter is de doorslagspanning. De fabrikant geeft voor elke condensator de maximaal toelaatbare gelijkspanning op.

GEVOELIGHEID VOOR POLARITEIT

Tot slot wijzen wij er nog eens op dat er condensators zijn waarbij het ene aansluitpunt (meestal is dit gemerkt) positief moet zijn ten opzichte van het andere en niet omgekeerd.

Dit is bij de meeste elco's het geval.
Andere voorbeelden zijn de variabele capaciteitsdioden die men wel als instelbare condensators gebruikt. Bij de montage van deze "polariteitsgevoelige" condensators dient met dus goed op de + en de - zijde te letten! Sluit men ze verkeerd aan, dan treedt er in de regel kortsluiting op bij het aansluiten van de spanning. Hierdoor raken de condensators zelf defect, terwijl ook andere onderdelen van de schakeling kapot kunnen gaan.

DE STABILITEIT VAN CONDENSATORS

De capaciteit van een condensator wordt door verschillende omstandigheden beïnvloed. We noemen er enkele.

- De temperatuur.
  De afhankelijkheid van de temperatuur zit voornamelijk in de permittiviteit ε_r. Dit is vooral het geval bij keramische materiaal met $\varepsilon_r > 150$.
  Als een keramische condensator met hoge ε_r bijvoorbeeld tijdelijk sterk verhit wordt door het solderen bij montage, verloopt zijn C-waarde zeer sterk en het kan dagen duren voordat de oude C-waarde weer is bereikt.

- De vochtigheid.
  Door toenemende vochtigheid kan de capaciteit van sommige condensatoren enige procenten veranderen. Er voor zorgen dat condensatoren in een droge omgeving staan is vaak van belang.
- De veroudering.
  Op den duur kan de ε_r van het bij condensatoren gebruikte isolatiemateriaal enigszins veranderen.

Bij sommige toepassingen (zoals de afstemcapaciteit van resonantiekringen) komt het er op aan dat de capaciteitswaarde binnen nauwe toleranties constant blijft. Dit wil zeggen dat de *stabiliteit* dan van groot belang is. Na lang gebruik dient de capaciteitswaarde nog steeds dezelfde te zijn. Is hij dan vrijwel niet verlopen, dan zegt men dat de capaciteit van de condensator stabiel is.

We wijzen er met nadruk op dat het van belang is een condensator in één keer snel en goed vast te solderen. Hij wordt dan niet onnodig heet en dit komt zijn stabiliteit ten goede.

AFHANKELIJKHEID VAN TEMPERATUUR.

De capaciteit van condensators blijkt afhankelijk te zijn van de temperatuur. Evenals voor weerstanden geeft men voor condensators de *temperatuurcoëfficiënt* op (de TC). De TC geeft aan hoeveel de capaciteit van een condensator per Farad verandert, als de temperatuur 1^0C stijgt of daalt. De TC kan positief zowel als negatief zijn.

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

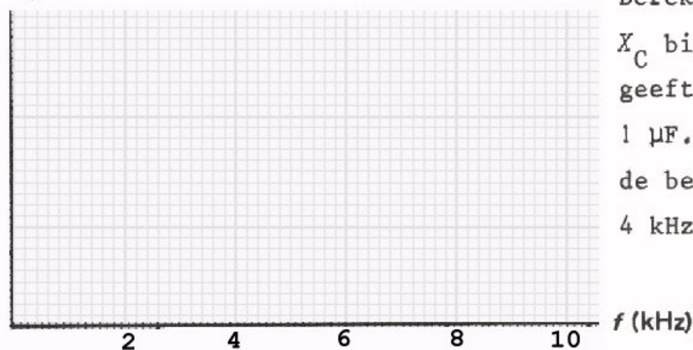
1. Een luchtcondensator bestaat uit twee platen die elk een oppervlak van 4 cm^2 hebben. De platen staan op een afstand van 1 mm. Hoe groot is de capaciteit van deze condensator?

   C = ______ pF

2. Men heeft een condensator van 10 µF. Er loopt een gelijkstroom van 5 mA gedurende 40 ms. Hoe groot is de spanning tussen de platen nu geworden?

   U = ______

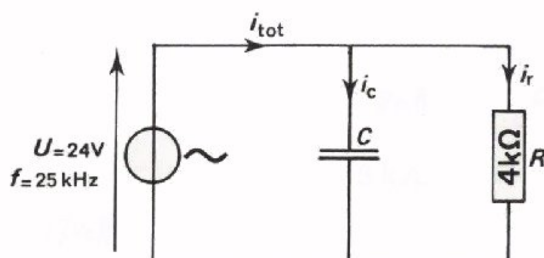
3. Bereken en teken de grafiek die X_C bij verschillende frequenties geeft voor een condensator van 1 µF. Neem als frequenties bij de berekening: 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz.



4. Een condensator van 0,1 µF wordt geladen via een weerstand van 10 MΩ. Het laden geschiedt vanuit een batterij van 100 V. Na 2 s is de spanning op de condensator ongeveer:

   - 37 V ○
   - 50 V ○
   - 63 V ○
   - 86 V ○

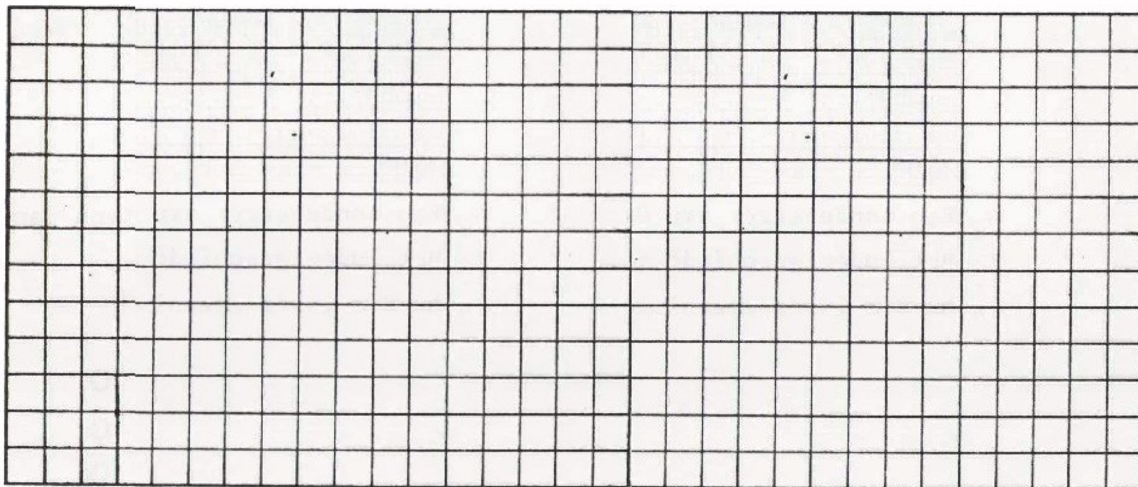
5. Gegeven is de volgende schakeling. Bij 25 kHz is de reactantie van de condensator 3 kΩ.



Gevraagd te berekenen: I_c, I_r, I_{tot} en Z.

Bepaal bovendien door opmeting in het vectordiagram de cosinus van de hoek φ tussen u en i_{tot}. Bepaal met een tabel ook φ zelf.

Oplossing:



I_c =

I_r =

I_{tot} =

Z =

$\cos\varphi$ =

φ ≈

B 113

TOEPASSINGEN VAN DE CONDENSATOR

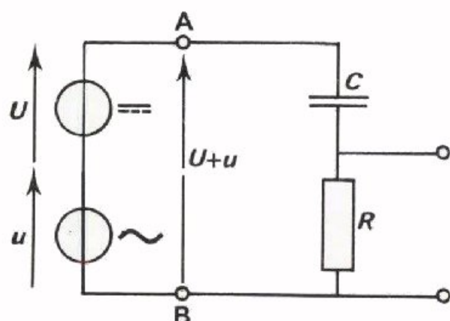
In de vorige lessen zijn eerst de algemene eigenschappen van een condensator nog eens doorgenomen. Daarna zijn bijzonderheden behandeld met betrekking tot het niet-ideale gedrag van een praktische condensator.

In deze les gaan we enige toepassingen van de condensator bespreken. Een aantal gevallen die we al in het A-deel van de cursus zijn tegengekomen, passeren de revue.

We geven een korte inhoudsopgave:

- Met behulp van een condensator kan men gelijk- en wisselspanning scheiden.
- Men kan ook gelijk- en wisselstroom scheiden.
- Met behulp van een condensator kan men de fase veranderen.
- Een condensator vormt in combinatie met een spoel een resonantiekring.
- Een condensator kan samen met een weerstand een differentiërende schakeling vormen.
- Een condensator kan lading opzamelen.
- Een condensator kan vonken voorkomen.
- Een condensator kan samen met een weerstand vertragend werken.

HET SCHEIDEN VAN GELIJK- EN WISSELSPANNING.

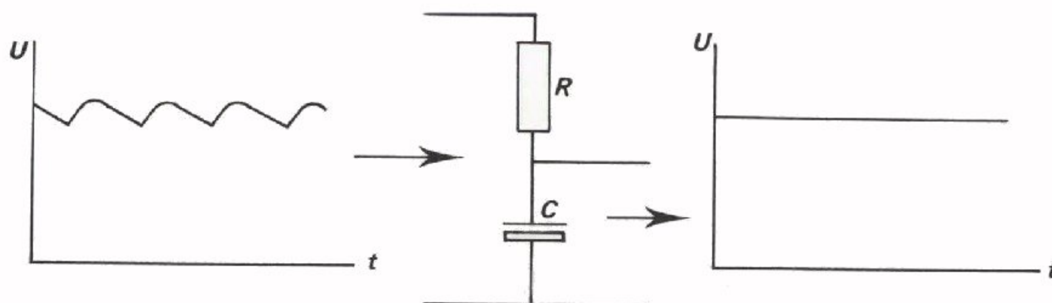


Tussen de punten A en B is de som van een gelijk- en een wisselspanning aanwezig. We willen nu alleen over de wisselspanning beschikken. Dit kan men bereiken met behulp van een serieschakeling van een C en een R. Omdat er geen gelijkstroom door de C kan lopen, ontstaat er over de R geen gelijkspanning. Zorgt men er verder voor dat bij de frequentie van de te verwerken wisselspanning geldt:

$$R >> \frac{1}{\omega C},$$

dan staat nagenoeg de gehele wisselspanning u over R.

Ook komt het voor dat men van de som van een gelijk- en een wisselspanning alleen de gelijkspanning wil afzonderen. Dit doet zich bijvoorbeeld voor in afvlakschakelingen van gelijkrichters.

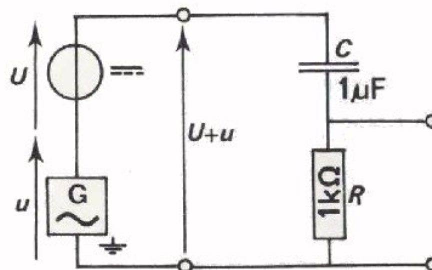


Door gelijkrichting en aftakking verkrijgt men vaak een enigszins pulserende gelijkspanning $U + u$. Hierin is de U de gelijkspanningscomponent en u de wisselspanningscomponent (rimpelspanning).
Door de som $U + u$ aan de serieschakeling van een R en een C toe te voeren, komt de gehele gelijkspanning over de C te staan. Zorgt men er verder voor dat

$$R >> \frac{1}{\omega C}$$

dan komt nagenoeg de gehele rimpelspanning over de R te staan en vrijwel niets meer over de C.

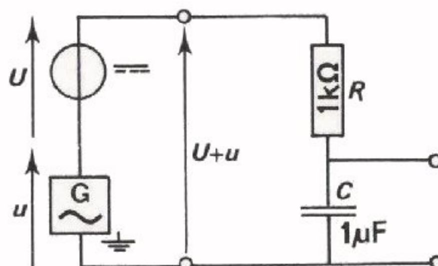
OPDRACHT: HET SCHEIDEN VAN GELIJK- EN WISSELSPANNING.



- Bouw deze schakeling.
  Maak U = 10 V.

  U_{eff} = 5 V bij f = 10 kHz.
- Maak $U + u$ zichtbaar op het scherm van een oscilloscoop.
- Maak de spanning over R zichtbaar.

  Over R ziet u de wisselspanningscomponent. Er is geen gelijkspanning meer aanwezig.



- Verwissel R en C nu.
  Voer dezelfde spanning $U + u$ toe.
- Maak de spanning over de C zichtbaar op het scherm van een oscilloscoop.

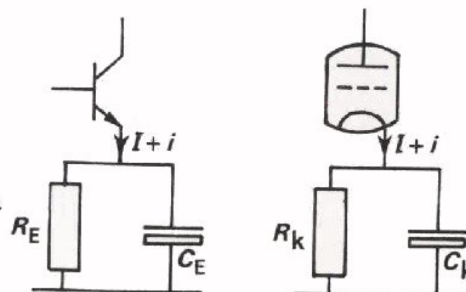
  Over C ziet u een gelijkspanning die nagenoeg gelijk is aan de spanning U.

  De wisselspanning ontbreekt vrijwel.

HET SCHEIDEN VAN GELIJK- EN WISSELSTROOM

Het komt in een schakeling nogal eens voor dat er een pulserende gelijkstroom loopt met behulp waarvan men een zuivere gelijkspanning moet zien te krijgen.

Voorbeeld:



In wisselspanningsversterkers past men transistors of buizen toe. Door deze actieve component loopt vaak een pulserende gelijkstroom. Voor het juist instellen van de buis of de transistor moet men een gelijkspanning hebben die met behulp van deze stroom wordt verkregen.

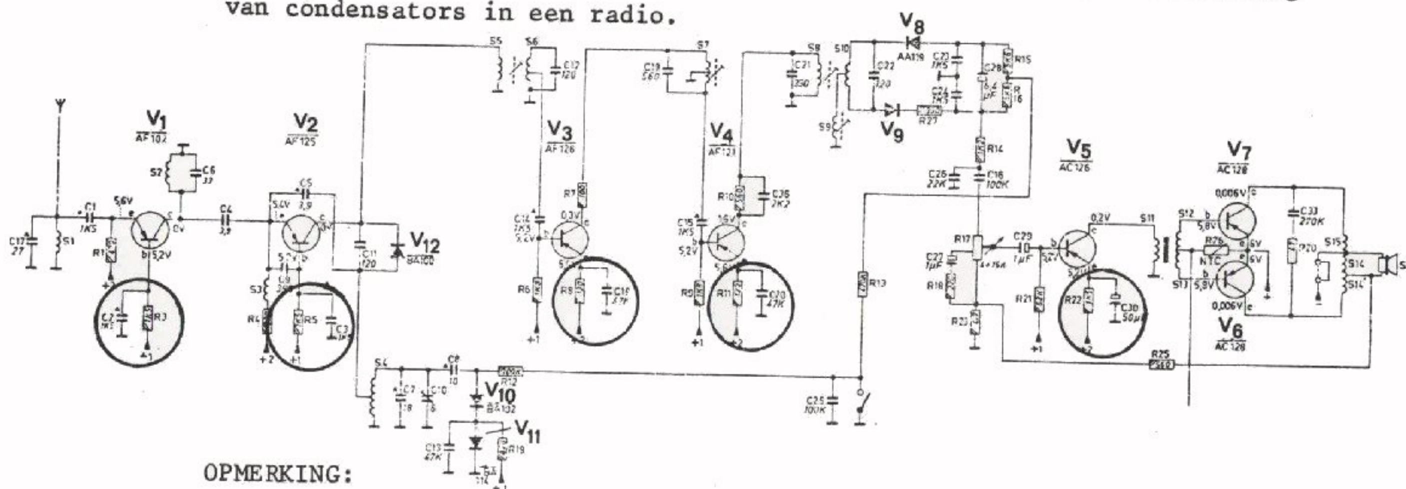
Met gebruikt daarvoor een parallelschakeling van een R en een C.

Men zorgt er nu voor dat: $R >> \frac{1}{\omega C}$.

De gelijkstroom loopt dan door de R-tak en nagenoeg de gehele wisselstroom door de C-tak. De gelijkstroom veroorzaakt de gewenste gelijkspanning $R.I$ over de R. De wisselstroom veroorzaakt nagenoeg geen wisselspanning, omdat $\frac{1}{\omega C}$ voor wisselstroom een kortsluiting betekent.

In de praktijk zegt men wel: de R is door de C "ontkoppeld". We hebben hier een voorbeeld van het scheiden van een gelijk- en een wisselstroom met behulp van een condensator.

In onderstaand schema ziet u een aantal voorbeelden van deze toepassing van condensators in een radio.



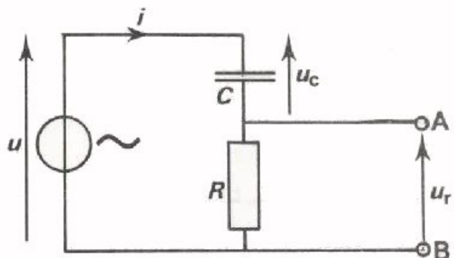
OPMERKING:

De ontkoppelcondensators van de twee meest links getekende versterkertrappen zijn veel kleiner dan die van V3 en V4 en die zijn op hun beurt weer veel kleiner dan die van V5. Dit is een gevolg van de verschillende frequenties die de te versterken wisselspanning hebben in deze radio-ontvanger.

FASEVERANDERING MET BEHULP VAN *C* EN *R*.

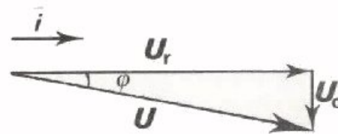
Soms wil men van een wisselspanning een andere wisselspanning afleiden met dezelfde frequenties maar een andere fase. Eén van de manieren waarop dit gedaan kan worden is met behulp van een *RC*-netwerk.
Met behulp van het vectordiagram kunt u dit betrekkelijk snel inzien.

We nemen als voorbeeld de serieschakeling van een weerstand *R* en een condensator *C*, die is aangesloten op een spanningsbron *u*. We bekijken de spanning die over *R* ontstaat bij verschillende frequenties van *u*.



We nemen de spanning tussen A en B af.

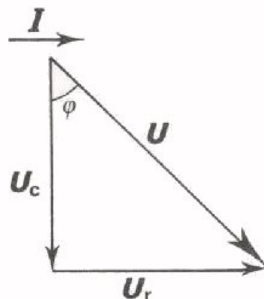
Bedenk dat u_r altijd in fase is met i en dat u_c altijd 90^0 na-ijlt op i.
De stroom i is door beide componenten hetzelfde.



$R \gg X_C$

Als de frequentie van u zodanig is dat $R >> X_C$ hebben we te maken met nevenstaand vector-diagram.

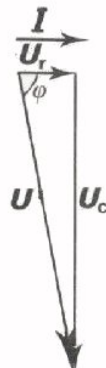
U ziet dat u_r een kleine hoek φ voor-ijlt op u.
De amplituden van u_r en u zijn ongeveer gelijk, die van u_c is veel kleiner.



$R \approx X_C$

Als $u_r \approx u_c$, dus als $R \approx X_C$, is de fasehoek tussen u en u_r ongeveer 45^0.

De amplitude van u_r is 0,7 maal de amplitude van u.

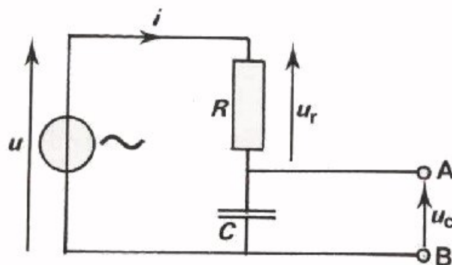


$R \ll X_C$

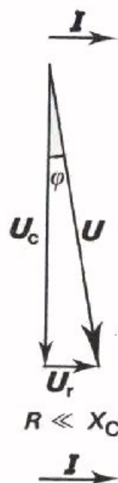
Als $R << X$ is ook $u_r << u_c$.
De fasehoek φ tussen u_r en u is bijna 90^0.
Hoe kleiner R is ten opzichte van X_C hoe beter de fasehoek 90^0 benadert.

In al deze gevallen ijlt de uitgangsspanning u_r voor op de toegevoerde spanning u.

Vervolgens bekijken we dezelfde schakeling, waarbij dan echter de spanning over de condensator wordt afgenomen.

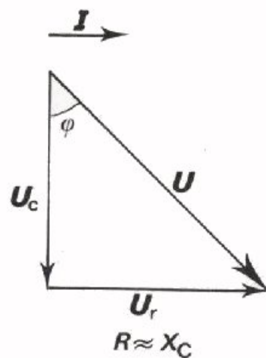


In feite kunnen de conclusies uit de vektordiagrammen van de vorige pagina getrokken worden. We tekenen deze diagrammen echter opnieuw zodat U direkter ziet wat de bedoeling is.



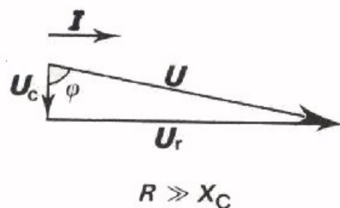
Als $X_C >> R$ is ook $u_c \simeq u$

De fasehoek tussen u_c en u is klein. De afgenomen spanning tussen A en B ijlt iets na op de toegevoerde spanning.



Als $X_C \simeq R$ is ook $u_c \simeq u_r$

De fasehoek tussen u_c en u is weer ongeveer 45°



$R \gg X_C$

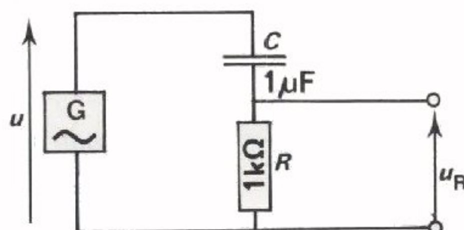
Als $X_C << R$ is ook $u_c << u_c << u$ en geldt dus ook $u_c << u$

De fasehoek tussen u_c en u is weer bijna 90°

In al deze gevallen ijlt de uitgangsspanning u_c nà op de toegevoerde spanning.

Ga voor Uzelf na dat de vektordiagrammen van deze en voorgaande pagina aan elkaar gelijk zijn. Ze zijn alleen van boven naar beneden in omgekeerde volgorde getekend.

OPDRACHT: FASEVERSCHUIVING MET BEHULP VAN EEN *C* EN EEN *R*.



- Bouw deze schakeling.
- Maak U_{eff} = 10 V bij een frequentie van 15 kHz.

  Zet de gevoeligheid van de Y-versterker op 5 V/cm.
- Voer u naar de X-ingang en u_r naar de Y-ingang van een oscilloscoop toe.

  Als figuur van Lissajous ziet u een schuine lijn, omdat u_r en u vrijwel in fase zijn.
- Verlaag de frequenties tot 1500 Hz en vervolgens tot 150 Hz en 15 Hz.

  Maak de gevoeligheid van de Y-versterker telkens een factor 10 groter.

  U ziet de schuine lijn in een schuine ellips veranderen. Bij f = 15 Hz is de ellips praktisch recht, omdat u_r en u dan vrijwel 90^0 in fase zijn verschoven.
- Verwissel *C* en *R* in de schakeling.

  Voer u weer aan de X-ingang van de oscilloscoop toe.

  Voer nu u_c aan de Y-ingang toe.
- Bekijk de figuren van Lissajous bij f = 15 Hz, 150 Hz, 1,5 kHz en 15 kHz.

  Pas de gevoeligheid aan, zoals U ook hierboven reeds gedaan hebt.

  Verklaar deze figuren.

____

____

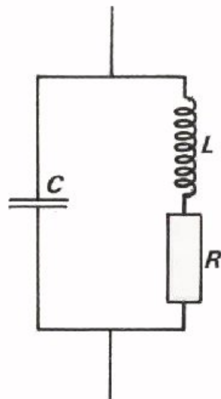
____

____

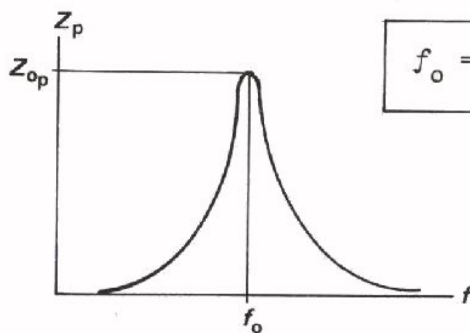
____

____

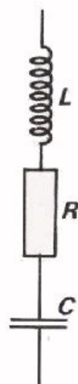
EEN C VORMT IN COMBINATIE MET EEN L EEN RESONANTIEKRING



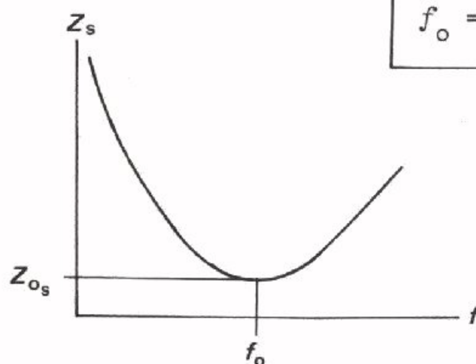
De parallelschakeling van een condensator en een spoel vormt een parallel-resonantiekring. Deze heeft een impedantie Z die in de buurt van de resonantiefrequentie f_o groot is. Bij lagere frequenties is Z klein omdat de spoeltak dan een kortsluiting vormt. Bij hogere frequenties is Z ook klein omdat de condensatortak dan een kortsluiting vormt.
We veronderstellen dat de spoel een verliesweerstand R heeft en dat de condensator ideaal is. Dan geldt bij de resonantiefrequentie:



$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$ en $$Z_p = Z_{o_p} = \frac{L}{RC}$$

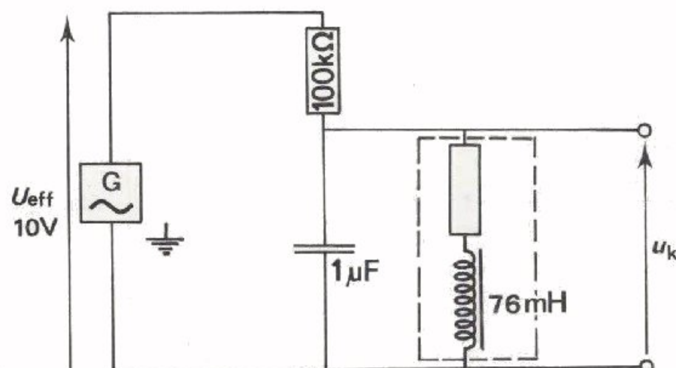


De serieschakeling van een C en een L vormt een serie-resonantiekring. Deze heeft een impedantie Z die in de buurt van f_o klein is. Bij lagere frequenties is Z groot omdat X_C dan groot is. Bij hogere frequenties is Z ook groot omdat X_L dan groot is. We veronderstellen weer dat de spoel een verliesweerstand R heeft en dat de condensator ideaal is. Dan geldt bij de resonantiefrequentie:



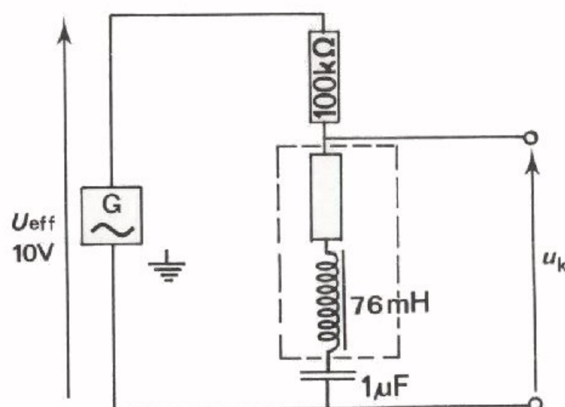
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$ en $$Z_s = Z_{os} = R$$

OPDRACHT: RESONANTIEKRINGEN ALS BANDDOORLATENDE OF BANDSPERRENDE FILTERS.



- Bouw deze schakeling.
- Voer u_k aan een oscilloscoop toe.. Trigger uitwendig met u.
  Varieer de frequentie.

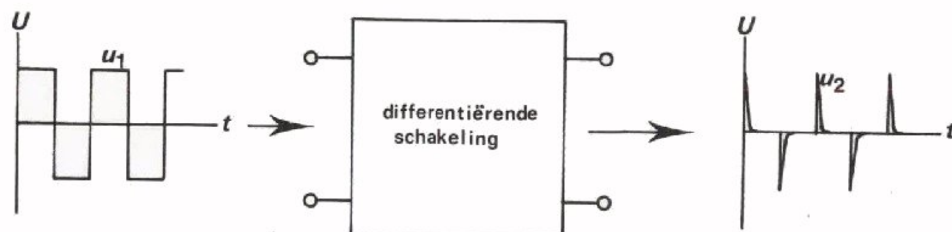
  U ziet dat u_k in een smal frequentiegebiedje groot is.
- Bereken de resonantiefrequentie: f_o = [ ]
- Controleer of u_k inderdaad maximaal is in de buurt van de berekende f_o.



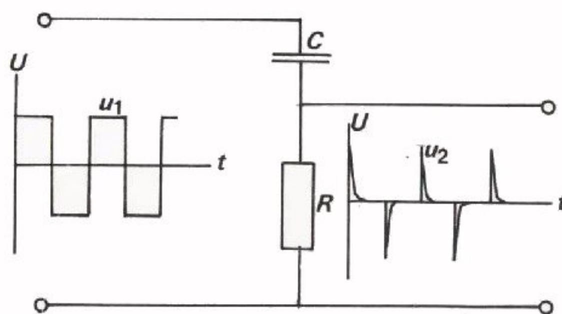
- Verander de schakeling in bovenstaande.
- Ga precies zo te werk als bij de parallelkring hierboven.
- Bij variëren van f ziet u dat u_k in een betrekkelijk smal frequentiegebied in de buurt van f_o klein is.

EEN C KAN SAMEN MET EEN R EEN DIFFERENTIERENDE SCHAKELING VORMEN

In de elektronica is het af en toe gewenst om een snelle spanningsverandering - een *spanningssprong* - om te zetten in een piekspanning. Hiervoor gebruikt men schakelingen die men *differentiërende schakelingen* noemt. Als voorbeeld van wat zo'n schakeling doet, geven we hieronder de verwerking van een blokspanning.



De naam "differentiërende schakeling" betekent hier dat de schakeling reageert op spanningsdifferenties, dat is letterlijk op spanningsverschillen (spanningssprongen). Een positieve spanningssprong geeft dan een positieve spanningspiek, een negatieve spanningssprong geeft een negatieve piek.



De serieschakeling van een C en een R kan als differentiërend netwerk dienen. De uitgangsspanning wordt dan van de R afgenomen.

De werking bij het verwerken van een blokspanning kan men daarbij als volgt zien:

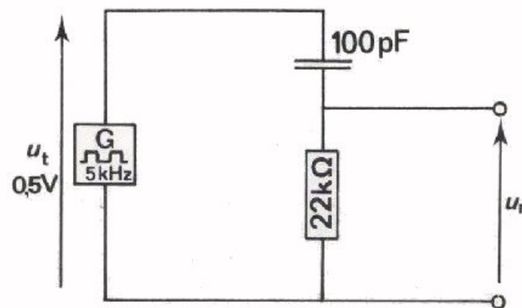
Wordt de spanning van positief naar negatief omgepoold, dan wordt deze spanningsverandering via de condensator doorgegeven. Bedenk: spanningsveranderingen laat de condensator door.

De spanningsverandering is negatief gericht, dus ontstaat er een negatief spanningspiekje over de weerstand.

Wordt de spanning van negatief naar positief omgepoold, dan wordt een positief spanningspiekje op de weerstand gezet. In de tijd dat de ingangsspanning constant is, wordt de stroom geblokkeerd en is de spanning over de weerstand nul.

Het is hierbij van belang dat de condensator snel z'n lading over de weerstand kan afvoeren. We zeggen: de RC tijd moet goed gekozen zijn.

OPDRACHT: HET DIFFERENTIEREN VAN EEN BLOKSPANNING.

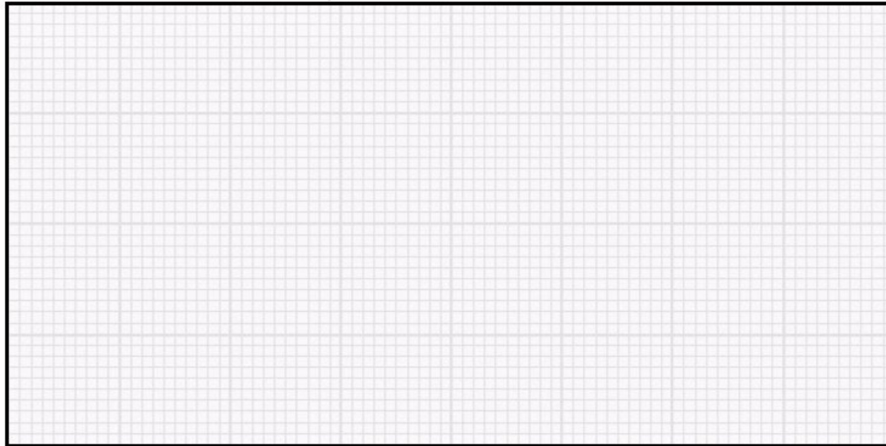


- Bouw deze schakeling.
- Voer een blokspanning toe met een topwaarde van 0,5 V en een frequentie van 55 kHz.
- Maak de uitgangsspanning u_r zichtbaar op het scherm van een oscilloscoop. Trigger extern met de blokspanning.
- Controle opgaande flanken van de blokspanning een positieve spanningspiek veroorzaken en de neergaande een negatieve piek.

  Opmerking.
  De schakeling werkt dan alleen goed differentiërend als de *RC*-tijd klein is ten opzichte van de periodetijd *T* van de blokspanning.

- Bereken de periodetijd *T* en de *RC*-tijd.

T = [s]   *RC* = [s]



- Verhoog de frequentie totdat $T = 2RC$ en bekijk u_r nog eens.
- Teken hierboven wat u ziet.
- Tracht dit verloop te verklaren.

EEN CONDENSATOR KAN LADING OPZAMELEN EN VASTHOUDEN

Een condensator kan een hoeveelheid lading op zijn platen vasthouden en deze naderhand weer afstaan. Hij verzamelt langzaam energie die daarna plotseling kan vrijkomen. Hiervan maakt men bijvoorbeeld gebruik om flitslampen te ontsteken. Men laadt dan een grote condensator via een grote weerstand langzaam. Daarna kan men de condensator in zeer korte tijd via de flitslamp ontladen, waardoor de lamp ontsteekt.

MET BEHULP VAN EEN CONDENSATOR KAN MEN VONKEN VOORKOMEN

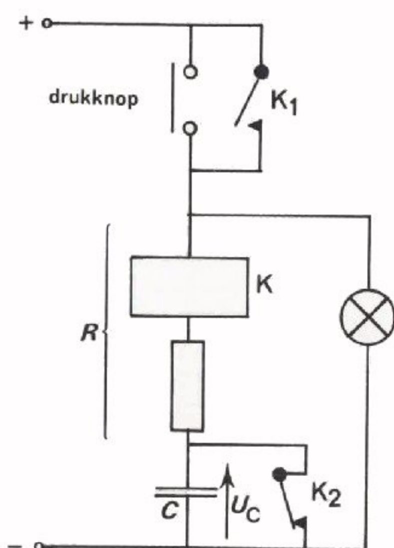
Als men de stroom die door een spoel loopt plotseling laat wegvallen, ontstaat er een grote inductiespanning. Verbreekt men zo'n stroom door middel van een schakelaar, dan kan deze grote inductiespanning vonken verwekken tussen de contacten van de schakelaar. Door een condensator over de contacten aan te sluiten kan men dit vonken voorkomen.
De stroom die na het openen van de schakelaar nog even doorloopt, laadt de condensator. Hoe groter de capaciteit, des te lager spanning waartoe hij wordt geladen. Wordt de capaciteit groot genoeg gekozen, dan kan de spanning niet meer zo hoog worden dat er vonken optreedt.

Op deze manier voorkomen van vonken past men o.a. toe bij kleine motoren voor huishoudelijk gebruik zoals in stofzuigers en in elektrische scheerapparaten.

EEN CONDENSATOR WERKT SAMEN MET EEN WEERSTAND VERTRAGEND

Het kost een bepaalde tijd om een condensator via een weerstand te laden of te ontladen. Hoe lang dit duurt hangt af van het produkt *RC*. Door *RC* juist te kiezen heeft men het in de hand om langere of kortere vertragingen aan te brengen.

Van dit principe kan men b.v. gebruik maken bij het maken van foto's in een donkere kamer. Voor het maken van een vergroting moet men het fotogevoelige papier enkele seconden belichten. Hiervoor kan men een elektronische schakeling ontwerpen die ervoor zorgt, dat de lamp van het vergrotingsapparaat een gewenst aantal seconden na het inschakelen weer uit wordt geschakeld.

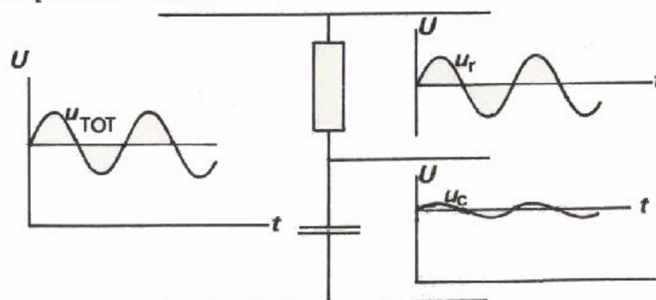


Hier is een voorbeeld van een schakeling getekend. Als de drukknop wordt ingedrukt gaat de lamp branden. Ook gaat er door de relaiswikkeling K een stroom lopen, waardoor contact K_1 gesloten en contact K_2 geopend wordt. De drukknop is inmiddels weer losgelaten en condensator *C* wordt via de relaiswikkeling met serieweerstand geladen. Als U_C stijgt, neemt de laadstroom af totdat hij zó klein is geworden, dat het relais weer uitvalt: K_1 gaat weer open, K_2 dicht. De *C* wordt via contact K_2 dan weer snel ontladen. De tijd dat het relais in blijft, hangt af van het *RC*-produkt.

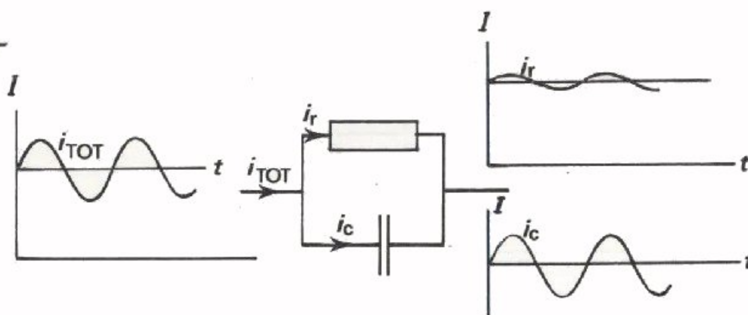
SAMENVATTING

Een condensator kan men o.a. toepassen voor:

- De scheiding van gelijk- en wisselspanning. Daarbij moet $\frac{1}{\omega C} << R$.

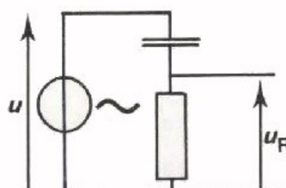


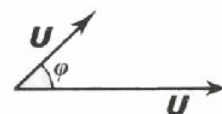
- De scheiding van gelijk- en wisselstroom. Ook nu moet $\frac{1}{\omega C} << R$.

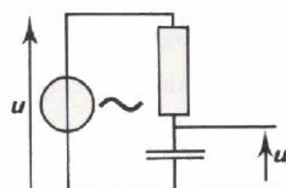


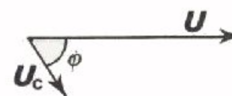
- Het verkrijgen van een wisselspanning die een andere fase heeft dan de oorspronkelijke wisselspanning u.

  Door middel van één C en één R is een faseverandering van bijna 90^0 mogelijk.

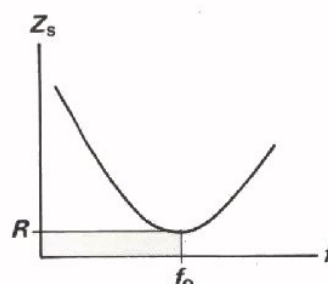


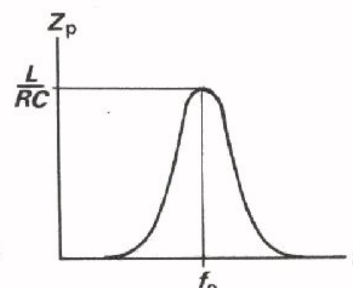






- Met een L gecombineerd vormt een C een resonantiekring (serie- of parallel). De resonantiekring kan men als filter toepassen.

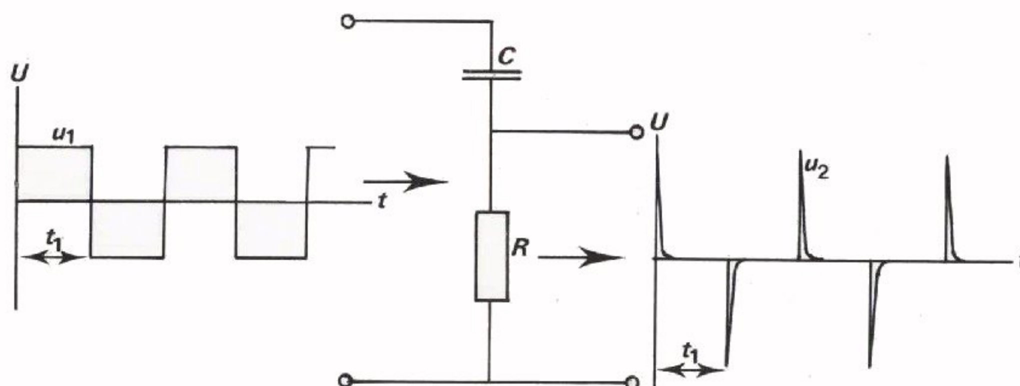




Bij de resonantiefrequentie $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ geldt:

$\boxed{Z_{os} = R}$ en $\boxed{Z_{op} = \frac{L}{RC}}$

- Een condensator kan samen met een weerstand een differentiërende schakeling vormen. Dit is een schakeling die van "spanningssprongen" spanningspieken maakt. Daartoe dient $RC \ll t_1$.



- Een condensator kan in langzaam tempo lading opzamelen en aldus energie opnemen. Daarna kan hij in korte tijd deze energie weer afgeven.

- Als men de elektrische stroom die door een spoel loopt onderbreekt, zal er door de hoge inductiespanning al spoedig vonken tussen de contacten van de schakelaar optreden. Dit kan worden voorkomen door een condensator over deze contacten aan te brengen.

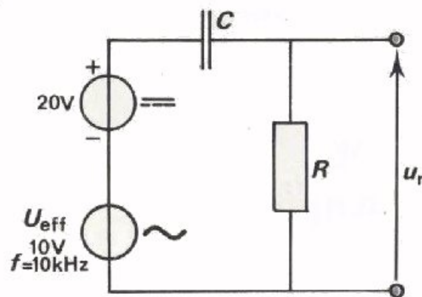
- Samen met een weerstand kan een condensator een vertraging veroorzaken. Men maakt er dan gebruik van dat het enige tijd duurt om de C via de R te laden (of te ontladen). Het produkt RC is daarbij bepalend. Hoe groter RC is, des te trager geschiedt het laden (of het ontladen).

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1.



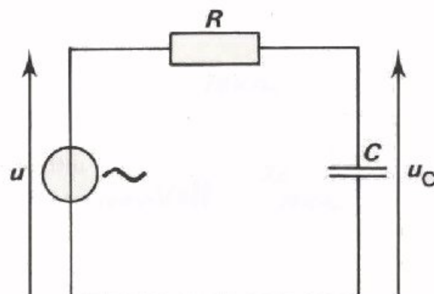
Gegeven is, dat $R = 1\ M\Omega$.
Hoe groot moet men C ongeveer kiezen, opdat er over de condensator niet meer dan 1 V wisselspanning staat?

$C \approx$ [ ] pF

Hoeveel spanning staat er dan ongeveer over R?

$U_r =$ [ ] V

2.



Gegeven is dat $R = 10\ k\Omega$ en $f = 20$ kHz, terwijl $U_{eff} = 100$ mV.
Hoe groot dient men C te kiezen opdat u_C 45^0 in fase is verschoven ten opzichte van u?

$C \approx$ [ ] pF

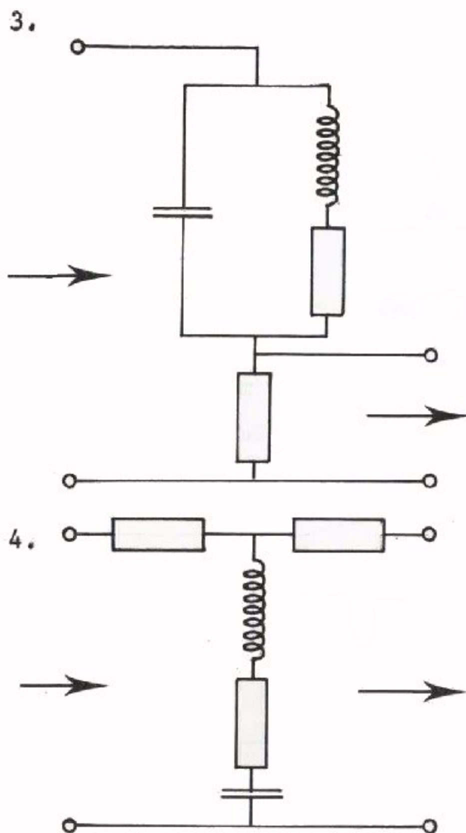
IJlt u_C dan voor of na op u?

U_C ijlt **voor/na**

Hoe groot is U_C?

$U_{Ceff} =$ [ ] mV

3.



Dit is een:

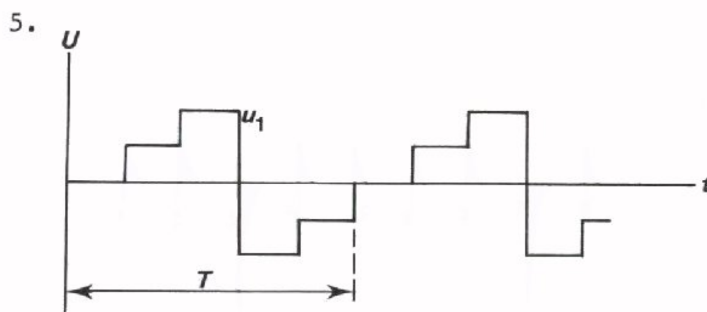
- laagdoorlatend filter O
- hoogdoorlatend filter O
- banddoorlatend filter O
- bandsperrend filter O

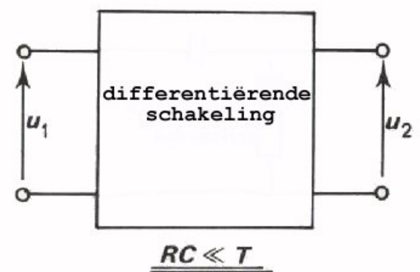
4.

Dit is een:

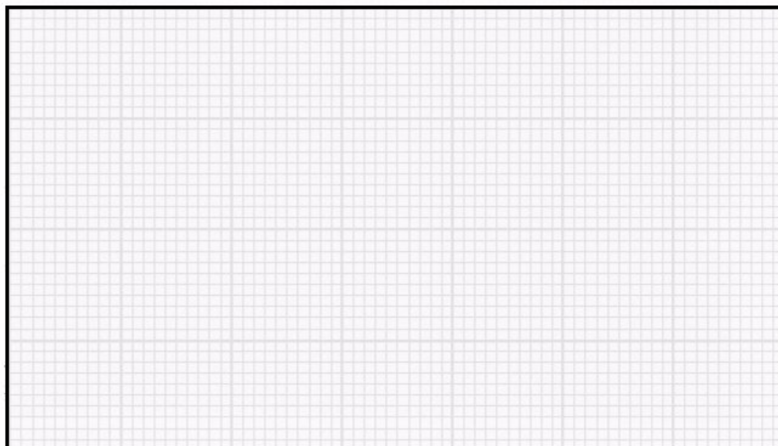
- laagdoorlatend filter O
- hoogdoorlatend filter O
- banddoorlatend filter O
- bandsperrend filter O

5.





Schets de spanning u_2 die u verwacht aan de uitgang van de differentiërende schakeling.



B114

CONDENSATORS MET KLEINE CAPACITEIT

INLEIDING

In de elektronica zijn talloze typen condensators in gebruik. We kunnen ze grofweg onderscheiden in drie groepen:

I Vaste condensators met kleine capaciteit.

II Regelbare condensators.
Deze hebben altijd een kleine capaciteit.

III Vaste condensators met grote capaciteit.

In deze les komt de eerste groep ter sprake.
Groep II en III zullen we in les B115 behandelen.

Voor het gemak geven we op volgend blad eerst een kort overzicht van alle condensators. Het is aan te bevelen dit overzicht telkens weer even te raadplegen als we een nieuw type condensator gaan behandelen. Op die manier kunt u goed in de gaten houden welke plaats een bepaald type in het geheel inneemt.

OVERZICHT

I VASTE CONDENSATORS MET KLEINE C.

a. keramische condensators
- met $\varepsilon_r < 150$
- met $\varepsilon_r > 150$

b. plasticfilm condensators
- polyester
- polystyreen

c. mica-condensators.

d. glas-condensators.

II REGELBARE CONDENSATORS.

a. variabele condensators
- met lucht-isolatie
- met film-isolatie
- met vacuüm-isolatie.

b. trimmers
- met lucht-isolatie
- met keramische-isolatie
- met film-isolatie.

c. variabele capaciteits dioden.

III VASTE CONDENSATORS MET GROTE C.

a. niet-elektrolytisch: met papier-isolatie

b. elektrolytisch
- met aluminiumoxyde (nat)
- met aluminiumoxyde (droog)
- met tantaaloxyde (droog)

AFMETINGEN EN DIELEKTRICA

Condensators maakt men liefst zo klein mogelijk, opdat zij zo min mogelijk plaats innemen.

De afmetingen worden allereerst bepaald door het *plaatoppervlak*. Hoe groter de *capaciteit* moet zijn, des te groter is het vereiste plaatoppervlak en des te groter zijn dan ook de afmetingen.

In de tweede plaats worden de afmetingen bepaald door de *plaatafstand*, d.w.z. door de dikte van de isolatie tussen de platen. Hoe groter de *maximaal toelaatbare condensatorspanning* is, des te dikker moet de isolatie tussen de platen zijn en des te groter de condensatorafmetingen.

In de derde plaats hangen de afmetingen af van de *soort isolatiemateriaal*. Dit zowel met het oog op de vereiste *capaciteit* als de vereiste *maximaal toelaatbare spanning*. Hoe groter ε_r is, met des te kleiner plaatoppervlak en dus des te kleinere afmetingen men kan volstaan om een bepaalde capaciteitswaarde te bereiken.
Verder heeft het ene isolatiemateriaal een hogere doorslagspanning per mm materiaaldikte dan het andere. Door materiaal met een zeer hoge doorslagspanning per mm te kiezen, kan men de materiaaldikte laag houden bij de vereiste maximaal toelaatbare spanning, en zo de condensatorafmetingen beperken.
Hieronder geven we een overzicht van de doorslagspanning in kV per mm materiaaldikte voor enkele veel toegepaste isolatiematerialen:

lucht	3 kV/mm	glas	35 kV/mm	polyester	20 kV/mm
mica	60 kV/mm	porcelein	35 kV/mm	polystyreen	18-20 kV/mm

In het algemeen geldt dus:

Condensatorafmetingen zijn des te groter naarmate de capaciteit groter is en naarmate de maximaal toelaatbare spanning groter is.

VOORBEELDEN

Nu enkele praktische voorbeelden van kleine en grote condensators:

- Een condensator van 1 pF kan men b.v. verkrijgen met lucht als isolatie door twee plaatjes van 1 cm^2 op een onderlinge afstand van ongeveer 1 mm op te stellen.

- Een condensator van 500 pF met lucht als isolatie kan men verkrijgen met een plaatoppervlak van 100 cm^2 en een plaatafstand van ongeveer 0,2 mm. Deze kan men o.a. aantreffen als variabele afstemcondensators van radio's.

- Een condensator van 100 nF is niet meer met lucht als isolatie te verwezenlijken zonder tot onhandig grote afmetingen te vervallen.
  Wel kan men b.v. een wikkel van metaalfolie en plastic-film maken.
  Voor 100 nF is dan b.v. mogelijk:

  A = 140 cm^2 (een strook van 1,8 cm breed bij een lengte van 78 cm).

  l = 3,75 µm (dikte van de isolerende folie)
  ε_r = 3.

  Een andere mogelijkheid is een keramische condensator. Dan b.v. voor een condensator van 100 nF:

  A = 5,6 cm^2
  l = 0,2 mm
  ε_r = 4000.

- Een condensator van 100 µF of nog groter capaciteit zou met isolatie van keramisch materiaal veel te grote afmetingen krijgen. Ook wikkels met plasticfilm of papier-isolatie worden veel te groot.
  De enige mogelijkheid vormen dan de elektrolytische condensators (elco's). Voor 100 µF kan dan b.v. genomen worden:

  A = 100 cm
  l = 0,01 µm (door deze zéér dunne isolatiedikte is de zeer grote capaciteit te verwezenlijken zonder dat de afmetingen erg groot worden).
  ε_r = 10

Door bovenstaande praktijkvoorbeelden heeft u zich enig idee van de mogelijkheden kunnen vormen.

We gaan nu over tot de bespreking van diverse vaste condensators met kleine capaciteit.

KERAMISCHE CONDENSATORS

Keramische condensators worden voor twee toepassingsklassen vervaardigd:

Klasse 1 — voor afstemdoeleinden en andere toepassingen, waarbij lage verliezen, een hoge stabiliteit en een lineaire afhankelijkheid van de temperatuur een vereiste zijn.

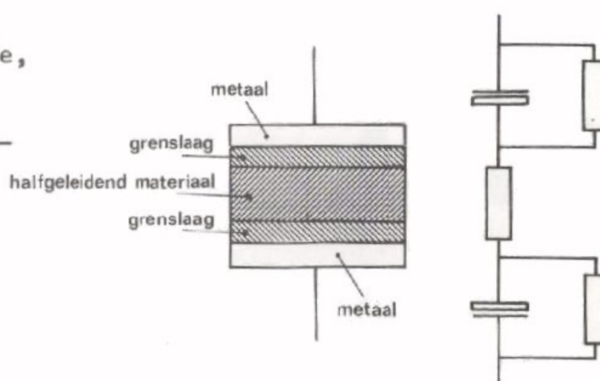
Klassen 2 en 3 — voor koppel- en ontkoppeldoeleinden, waarbij de verliezen, de stabiliteit en de temperatuurafhankelijkheid er niet erg op aan komen. Condensators van klassen 2 en 3 zijn dus van mindere kwaliteit dan die van klasse 1 en hebben grotere toleranties.

Fabricage-technisch kan men verder onderscheiden:

a. Keramische C's met isolatiemateriaal, waarvan ε_r kleiner is dan 150. In geval $\varepsilon_r < 150$ kan men tot C's van hoge kwaliteit komen (klasse I).

b. Keramische C's met isolatiemateriaal, waarvan ε_r tussen 150 en 12 000 in ligt. Vanwege de hoge ε_r-waarde kan men betrekkelijk hoge capaciteitswaarden verwezenlijken (tot 100 000 pF toe). De stabiliteit en vooral de temperatuurafhankelijkheid zijn echter zeer slecht. Dit zijn klasse 2 - condensators.

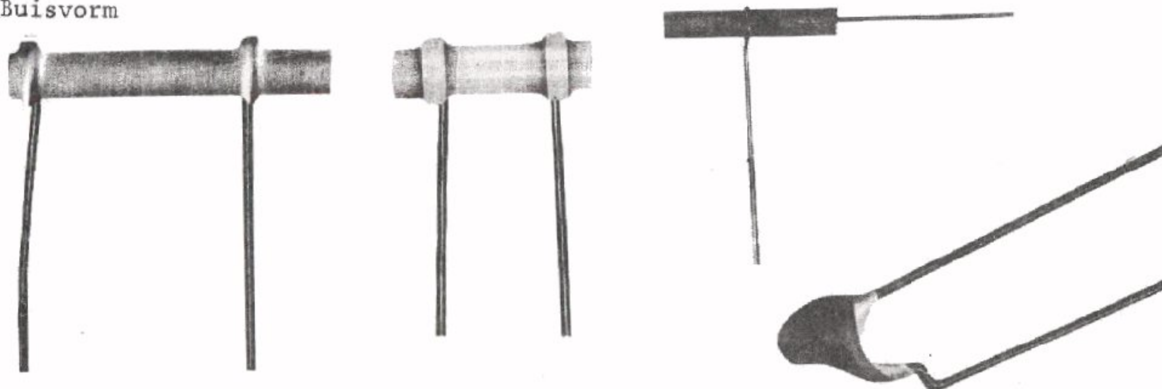
c. Keramische sperlaag - condensators. Deze condensators bestaan uit een half geleidend keramisch plaatje, dat aan weerszijden van een metaallaagje is voorzien. Tussen het keramische plaatje en de metaallaagjes bevinden zich grenslaagjes als isolerende gebiedjes. Zo ontstaat een serieschakeling van twee condensatortjes. Ook deze condensators horen in klasse 2 thuis. De capaciteit van de condensators in klasse 3 kan 100 000 pF bedragen; de toelaatbare spanning voor klasse 3 is echter maar 6V.



UITVOERINGSVORMEN VAN KERAMISCHE CONDENSATORS

Keramische condensators komen in talloze uitvoeringen voor. Men onderscheidt de buis-, de schijf- en de plaatvorm. Hieronder ziet u een aantal uitvoeringsvormen afgebeeld.

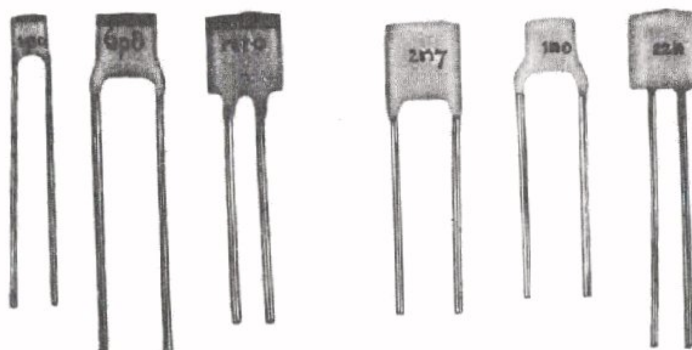
Buisvorm

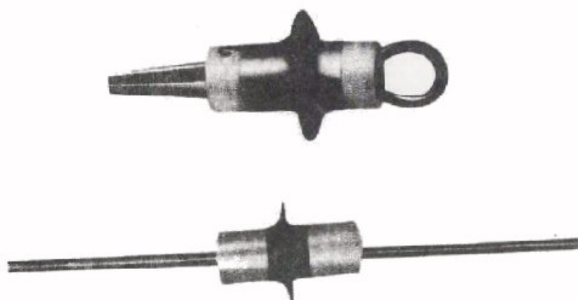


Schijfvorm



Plaatvorm





Hiernaast ziet u voorbeelden van zogenaamde doorvoercondensators. Deze buisvormige condensators worden in een gat van een metalen plaat gesoldeerd (een chassis b.v.).

O E F E N I N G E N

Een condensator van 22 nF (nominale waarde bij 20°C) heeft een temperatuurcoëfficiënt van $-750 . 10^{-6}$ per graad celsius.
Bereken de grenzen waarbinnen de capaciteit van deze condensator varieert als de temperatuur varieert van 0°C tot +60°C.

C_{min} = [ ] C_{max} = [ ]

2. Een capaciteitsdiode van een ontvanger wordt als afstemcondensator in een *LC*-kring toegepast. Voor een voldoende stabiele afstemming is het noodzakelijk dat de capaciteitsvariatie kleiner dan ½ % is voor het gehele temperatuurgebied waarin de ontvanger gebruikt wordt. Bereken de temperatuurcoëfficiënt die toelaatbaar is als de ontvanger tussen -20°C en +80°C gebruikt moet kunnen worden.

TC = [/°C]

3. Hoe groot is de temperatuurcoëfficiënt van een condensator C = 6,8 nF waarvan de capaciteit 340 pF varieert bij een temperatuurvariatie van 100°C

TC = [/°C]

4. Twee condensators $C_1 = C_2$ = 10 nF worden parallel geschakeld.
C_1 heeft een TC van -150.10^{-6} per graad celsius.
C_2 heeft een TC van -750.10^{-6} per graad celsius.
Bereken de variatie van de capaciteit van de parallelschakering als de temperatuur 50°C stijgt.

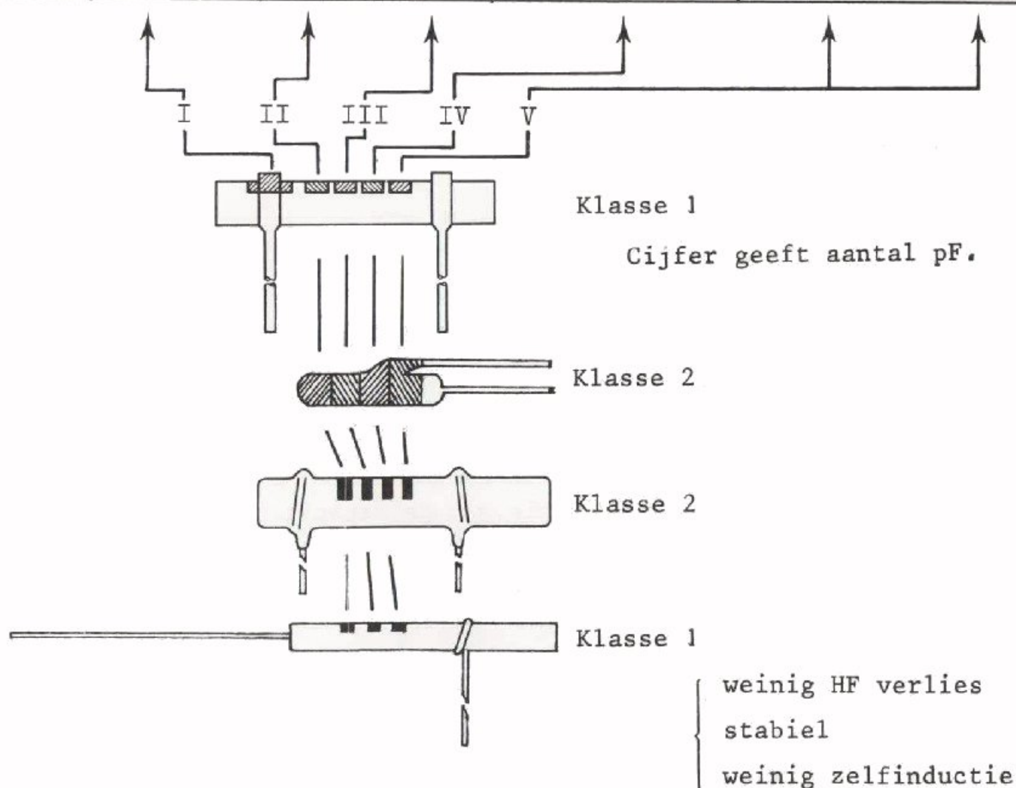
C_{min} = [nF] C_{max} = [nF]

5. Hoe groot is de temperatuurcoëfficiënt van bovenstaande parallelschakeling?

TC = [/°C]

KLEURCODERING VAN KERAMISCHE CONDENSATORS

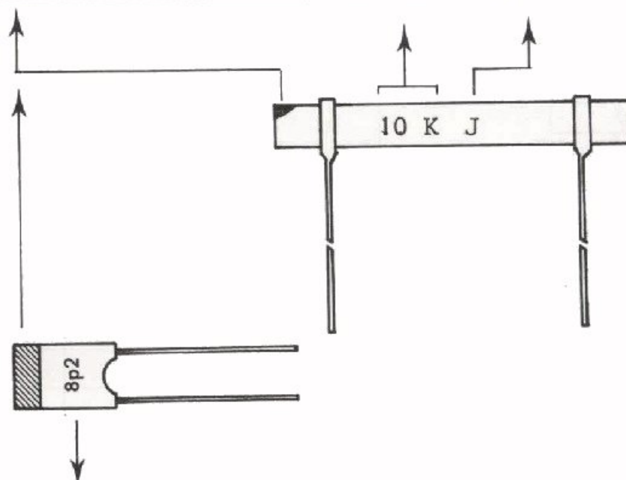
	TC	1e cijfer	2e cijfer	vermenigvuldig factor	tolerantie $C \leqslant 10$ pF	tolerantie $C > 10$ pF
rood/violet	$+100.10^{-6}$					
zwart	0.10^{-6}		0	$10^0 = 1$		± 20%
bruin	-33.10^{-6}	1	1	$10^1 = 10$	± 0,1 pF	± 1%
rood	-75.10^{-6}	2	2	10^2	± 0,25 pF	± 2%
oranje	-150.10^{-6}	3	3	10^3		
geel	-220.10^{-6}	4	4	10^4		
groen	-330.10^{-6}	5	5		± 0,5 pF	± 5%
blauw	-470.10^{-6}	6	6			
violet	-750.10^{-6}	7	7			
grijs		8	8	$10^{-2} = \frac{1}{100}$		
wit		9	9	$10^{-1} = \frac{1}{10}$	± 1 pF	± 10%
oranje oranje	-1000.10^{-6}					



MERK OP: Evenals de weerstanden staat de eerste kleur (I) het dichtst bij een uiteinde!

CIJFERCODERING VAN KERAMISCHE CONDENSATORS

TC in kleurcodering		cijfer van capaciteit	lettercodering voor tolerantie		waarden
rood/violet	$+100.10^{-6}$		C	± 0,25 pF	$C \leqslant 10$ pF
zwart	0.10^{-6}		D	± 0,5 pF	
bruin	-33.10^{-6}		F	± 1 pF	
rood	-75.10^{-6}	aantal pF			
oranje	-150.10^{-6}	$K = 10^3$	F	± 1 %	$C > 10$ pF
geel	-220.10^{-6}		G	± 2 %	
groen	-330.10^{-6}		J	± 5 %	
blauw	-470.10^{-6}		K	± 10%	
violet	-750.10^{-6}		M	±20 %	
oranje/oranje	-1500.10^{-6}		S	+50/-20 %	



1 p 2	1,2pF	1
18 p	18 pF	1
n 10	0,1 nF	1
4 n 7	4,7 nF	2
22 n	22 nF	3
100 n	100 nF	3
enz.		
cijfer van capaciteit		Klasse

OEFENINGEN

U merkt dat de codering van condensators nogal ingewikkeld is. Probeer deze codering beslist niet uit het hoofd te leren. Om enigszins te wennen aan de coderingssystemen volgen hier een aantal oefeningen.

Vul van onderstaande condensators de gegevens in volgende tabel in voor zover dit na te gaan is.

	capaciteit	klasse	tolerantie	TC
bruin groen wit wit				
blauw grijs rood wit				
rood violet zwart				
groen bruin wit oranje violet				
oranje				

Geef de kleurcodering en/of cijfercodering die behoort bij volgende gegevens.

C (pF)	klasse	tolerantie	TC	kleurkode	cijferkode
68	1	2%	-75.10^{-6}		—
4700	2	—	—		
0,82	1	± 0,25 pF	—		
10 000	2	—	—		—
56	1	5%	$0,10^{-6}$		—
22 000	2	—	—		

PLASTIC FILM-CONDENSATORS

Voor condensators met waarden tussen 1 nF en 1 µF past men meestal plasticfilm-condensators toe. Deze worden vervaardigd door een zeer dun plastic lint met twee aluminium linten tot een rolletje te wikkelen.
De aluminiumfolies vormen de platen en de plastic film de isolatie daartussen. Men brengt ook wel een dun metalen laagje op de plastic film aan. Men spreekt dan van "gemetaliseerde plasticfilm-condensators".
Gemetaliseerde condensators hebben het voordeel dat zij zichzelf kunnen herstellen van een sluiting tussen de platen. De plaats waar de sluiting optreedt brandt dan als het ware uit, waardoor er een "mooi" gat ontstaat zonder sluiting.
Plasticfilm-condensators brengt men onder in een metalen kokertje of giet men in een isolerend materiaal.

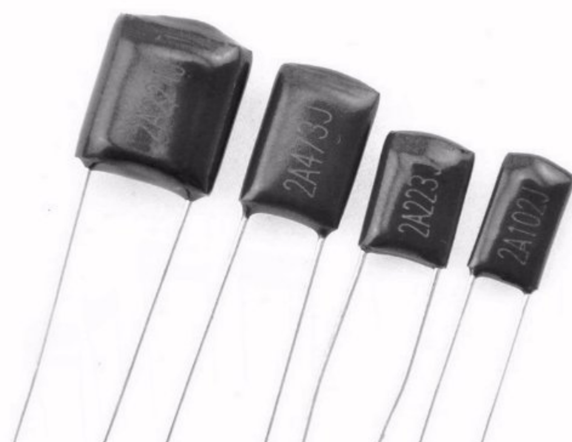
Twee veel gebruikte plasticfilm-materialen zijn:

- polystyreen voor klasse 2 - condensators,en
- polystyreen voor klasse 1 - condensators.

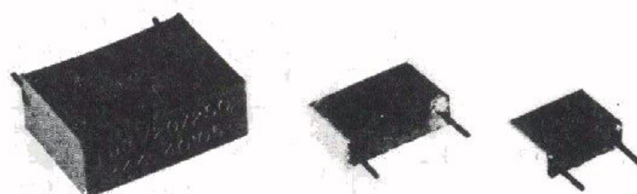
MICA- EN GLASCONDENSATORS.

Mica als isolatiemateriaal tussen de platen biedt als bijzondere voordelen dat de maximaal toelaatbare temperatuur veel hoger kan liggen dan bij de voorgaande types. Bovendien is de stabiliteit zeer goed.
Een nadeel is dat mica-condensators over het algemeen nogal duur zijn.
In de Verenigde Staten van Amerika zijn na de laatste wereldoorlog condensatoren met *glas* als isolatiemateriaal ontwikkeld. U zult deze zelden of nooit in de praktijk tegenkomen, omdat zij slechts bij hoge uitzondering toegepast worden als er buitengewoon hoge eisen gesteld moeten worden, b.v. in de ruimtevaart. Zij bezitten een buitengewoon grote stabiliteit en zijn bestand tegen zeer hoge temperaturen. Hun prijs ligt echter ook hoog.

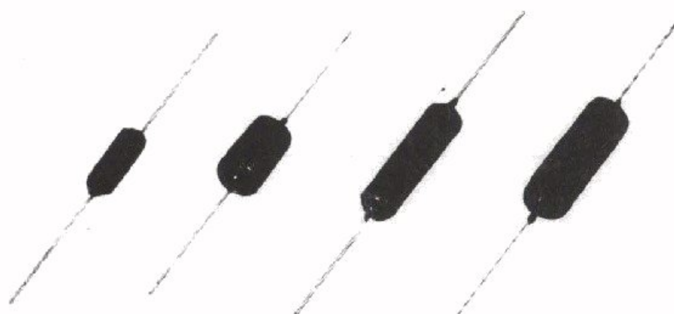
PRAKTISCHE VOORBEELDEN



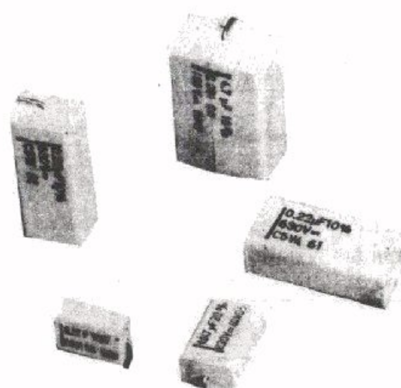
platte film polyestercondensators



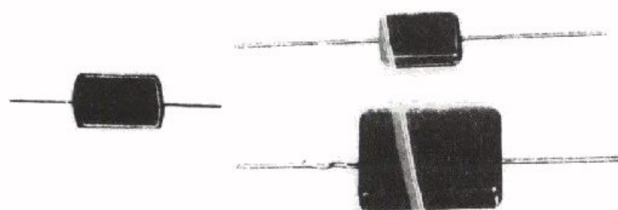
"nugget" polyester condensators



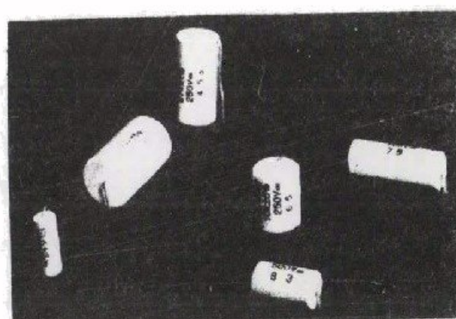
Metaalfolie-polyestercondensators



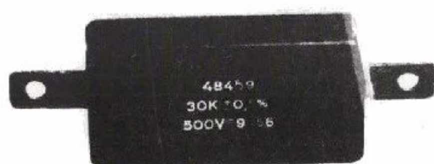
gegoten polyestercondensators



enkele micacondensators



in staafvorm gegoten polystyreen-condensators



precisie micacondensator

KLEURCODERING VAN POLYESTER-CONDENSATORS

Deze past men toe bij een platte film-uitvoering van gemetaliseerde polyester-condensators.

kleur	1e cijfer	2e cijfer	vermenig-vuldig-factor	capaciteits tolerantie	nominale spanning
zwart	–	0	1	± 20%	
bruin	1	1	10^1		100 V
rood	2	2	10^2		250 V
oranje	3	3	10^3		
geel	4	4	10^4		400 V
groen	5	5	10^5		
blauw	6	6			630 V
violet	7	7			
grijs	8	8			
wit	9	9		± 10%	

CIJFERCODERING PLASTICFILM-CONDENSATORS

Over het algemeen spreekt deze voor zichzelf.

Gegeven wordt:

- de capaciteitswaarde
- de tolerantie van de capaciteit
- de nominaal toelaatbare spanning

Voor een "nugget"-uitvoering van polyester-condensators betekent het opschrift

0.22/20/250

dat: C = 0,22 µF
tolerantie = ± 20%
nominale spanning = 250 V.

OVERZICHT VASTE CONDENSATORS MET KLEINE CAPACITEIT

soort	type	uitvoering	klasse	globaal capaciteits gebied	eigenschappen
keramische condensators	$\varepsilon_r < 150$	buisvormig schijfvormig plaatvormig	1	0,8 - 820 pF	stabiel weinig verlies bij hoge f.
	$\varepsilon_r > 150$	buisvormig schijfvormig plaatvormig	2	680 pF - 22 nF	sterk temp.-afhankelijk niet stabiel kleine afmetingen bij hoge C-waarde.
	$\varepsilon_r > 150$	buisvormige doorvoercond.	2	2,5 pF - 2200 pF	weinig zelfinductie
	sperlaagcond.	plaatvormig	1 2 3	0,56 - 560 pF 0,47 pF - 22 nF 22 nF - 100 nF	C is spanningsafhankelijk
plasticfilm-condensators	polyester	platte film gegoten cylindrisch	2	51 pF - 6800 pF	goedkope koppel- en ontkoppel C's
	polystyreen	cylindrisch	1	1 nF - 1 µF	stabiel weinig verlies bij hoge f.
glas			1	0,5 pF - 100 nF	buitengewoon stabiel zéér groot temp.-bereik weinig verlies bij hoge f.

NAAM: [ ] KLAS: [ ]

OEFENINGEN

1. Bepaal de capaciteit, tolerantie en nominale spanning in volgende gevallen.

kleurcode	capaciteit	tolerantie	nominale spanning
grijs rood oranje wit rood			
geel-violet-geel-zwart-geel			
bruin-zwart-oranje-wit-blauw			
rood-rood-groen-zwart-rood			

2. Geef de kleurcodering die hoort bij de onderstaande gegevens van diverse polyestercondensators.

capaciteit	tolerantie	nominale spanning	kleurcode
1 µF	20%	250 V	
330 nF	10%	400 V	
47 nF	20%	630 V	
15 nF	10%	250 V	

B 115

O V E R I G E   C O N D E N S A T O R S

INLEIDING

In de vorige les hebben we de vaste condensators met kleine capaciteit behandeld. Nu komen de overige condensators aan de beurt. Allereerst de regelbare condensators en daarna de condensators met grote capaciteit. Op het volgend blad geven we nog eens een kort overzicht van de verschillende typen condensators. Raadpleeg dit blad telkens weer even als er een nieuw type aan de orde komt. Op die manier krijgt u gemakkelijker een overzicht.

OVERZICHT

I VASTE CONDENSATORS MET KLEINE C

a. keramische condensators — met $\varepsilon_r < 150$ / met $\varepsilon_r > 150$.

b. plasticfilm condensators — polyester / polystyreen.

c. mica-condensators.

d. glas-condensators.

II REGELBARE CONDENSATORS (KLEINE C)

a. variabele condensators — met lucht-isolatie / met film-isolatie / met vacuüm-isolatie.

b. trimmers — met lucht-isolatie / met keramische-isolatie / met film-isolatie.

c. variabele capaciteits dioden.

III VASTE CONDENSATORS MET GROTE C

a. niet-elektrolytisch — met papier-isolatie.

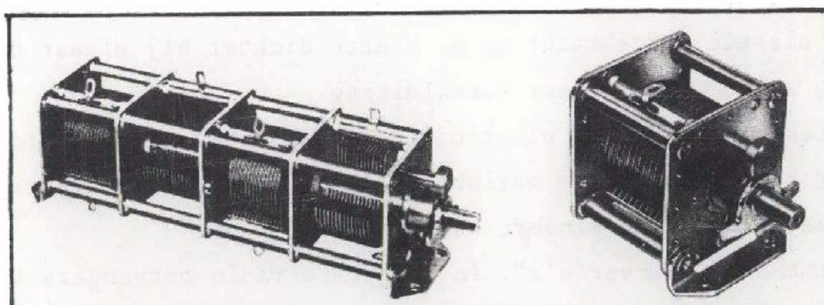
b. elektrolytisch — met aluminiumoxyde (nat) / met aluminiumoxyde (droog) / met tantaaloxyde (droog).

REGELBARE CONDENSATORS

VARIABELE CONDENSATORS

Regelbare weerstanden zijn componenten waarvan de weerstandswaarde veranderd kan worden. Bij regelbare condensators kan de waarde van de capaciteit veranderd worden. We bespreken eerst drie soorten waarbij de verandering met de hand geschiedt; deze noemt men *variabele condensators* of kortweg *varco's*.

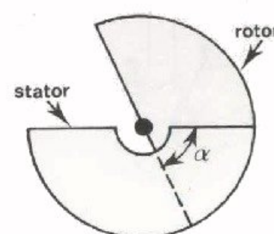
● Het lucht-isolatie type.

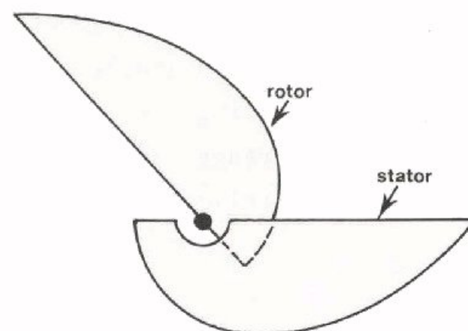




symbool

Hierboven vindt u afbeeldingen van een enkelvoudige en van een viervoudige variabele lucht-condensator ("lucht-varco").
Bij dit type kan een stel evenwijdig opgestelde metalen platen draaien tussen een ander stel vast opgestelde platen. De draaibare platen vormen de zogenaamde *rotor*, de vaste de *stator*. Draait men de rotor weg uit de stator, dan wordt het oppervlak van de condensatorplaten dat tegenover elkaar staat en dus ook de capaciteit van de condensator kleiner.
De isolatie tussen de platen is in dit geval lucht, vandaar de naam van dit type. Hebben de platen de vorm van een halve cirkel, dan neemt de capaciteit linear toe met de draaiingshoek α. Dat wil zeggen dat bij een tweemaal zo groter draaiingshoek de capaciteit tweemaal zoveel toeneemt. Voor sommige toepassingen wil men dat de capaciteit meer dan linear toeneemt; in dat geval geeft men de platen een langgerekte vorm.

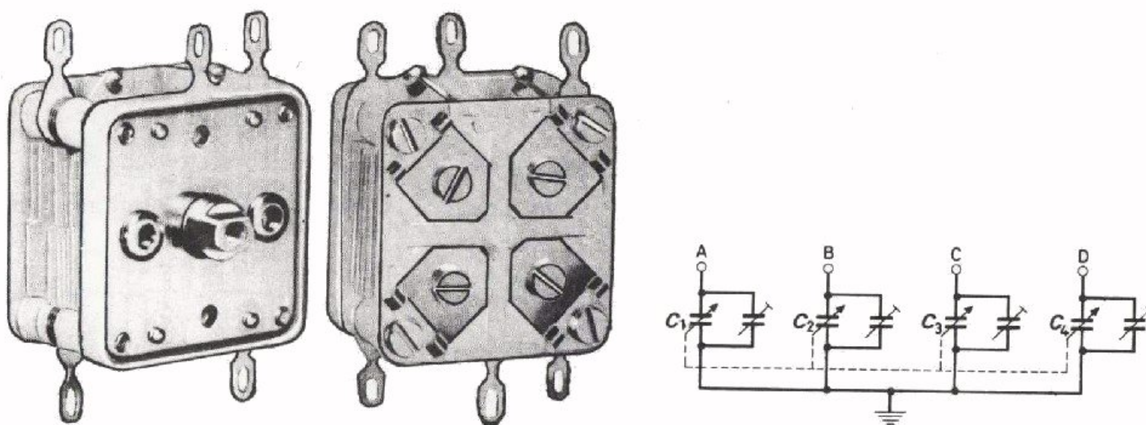




Bij variabele condensators van het lucht-isolatie type kan aan de hoogste eisen van precisie en stabiliteit worden voldaan. Zijn hebben zeer weinig verliezen, maar zijn nogal groot van afmetingen en hoog in prijs.

● Het plasticfilm-isolatie type.

De constructie van dit type variabele condensator komt overeen met die van het vorige. Tussen de rotor en de stator wordt hier echter een dun laagje plastic aangebracht om de platen dichter bij elkaar op te kunnen stellen zonder gevaar voor kortsluiting.
Dit betekent dat men de plasticfilm-condensators bij dezelfde capaciteit kleiner kan maken dan de variabele luchtcondensators. Zij zijn goedkoper, maar daarentegen van mindere kwaliteit.
Men noemt ze "film-varco's". In de meeste radio-ontvangers vindt men deze film-varco's als afstemcondensators. In de ontvangers bevinden zich parallel-resonantiekringen, waarvan men de resonantiefrequenties kan variëren door de capaciteit van de varco's te veranderen. Hieronder ziet u een afbeelding van een film-varco.



In bovenstaande afbeelding is ook het elektrisch schema van het varco-geheel getekend. Daarbij valt op dat parallel aan de eigenlijke varco nog een kleine instelbare condensator is geschakeld, een z.g. *trimmer*. Deze dient om de grootte van de minimum- en maximum capaciteit naar wens in te kunnen stellen. Meestal is dit nodig. Immers, de varco zal in een schakeling worden gemonteerd die zelf enige capaciteit parallel aan de varco brengt. Deze extra capaciteit, die o.a. van de bedrading afhangt, is niet altijd even groot.
Door middel van de trimmer kan men nu de gewenste minimum en maximum capaciteit afregelen. Op de rechter afbeelding van de filmvarco kan men de vier trimmers zien zitten. Door de schroeven in of uit te draaien worden de verend opgestelde trimmerplaatjes dichter bij elkaar of verder uit elkaar gebracht. Dit zijn z.g. compressie-trimmers.

● Het vacuüm-isolatie type.

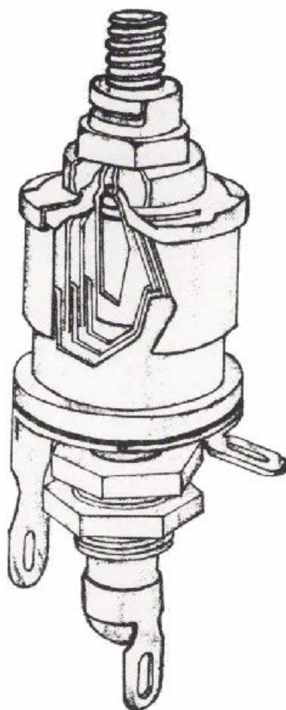
Tenslotte heeft men nog variabele condensators die zeer hoge spanningen kunnen verdragen van ettelijke kV. Deze heeft men b.v. nodig voor grote zenders. De isolatie tussen de platen bestaat daar uit vacuüm. Met lucht-isolatie zou er nl. bij hoge spanningen sluiting kunnen optreden door *ionisatie* van de lucht.

Zonder hier erg diep op het begrip ionisatie te willen ingaan, toch een paar woorden hierover.

Zoals U weet bestaat lucht uit moleculen; hele kleine deeltjes die door elkaar bewegen. Deze moleculen bestaan weer uit twee of meer atomen. Een atoom bestaat weer uit een elektrisch positief geladen kern met daaromheenbewegende elektronen, die elektrisch negatief geladen zijn. Door elektrische spanningen, die op de elektronen een kracht uitoefenen, kunnen elektronen uit het atoomverband worden losgeslagen. We noemen dan het atoom geïoniseerd. Het atoom is dan elektrisch geladen; de elektrische weerstand van de lucht kan door geïoniseerde moleculen sterk verlaagd worden.

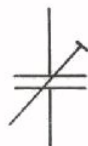
TRIMMERS

Bij de hiervoor besproken film-varco's is het begrip "trimmer" reeds genoemd. Hieronder verstaat men een kleine regelbare condensator, waarvan de capaciteit op een gewenste vaste waarde ingesteld kan worden. Dit kan dan b.v. met behulp van een schroevendraaier gebeuren. Bij diverse filters, zoals o.a. resonantiekringen, komt het voor dat men een capaciteit op een bepaalde waarde af moet kunnen regelen. Daartoe kan men dan parallel aan de hoofdcondensator nog een trimmer aanbrengen, waarmee men de totale capaciteit op de gewenste waarde instelt.
Trimmers heeft men in diverse soorten, waarvan op blad 115.7 een aantal voorbeelden.



De eerste voorbeelden zijn concentrische luchttrimmers, waarvan hiernaast een opengewerkte schets. Zij bestaan uit twee stel concentrisch opgestelde cilindertjes, die men al draaiend in elkaar kan laten schuiven. Hoe verder ze in elkaar schuiven, des te groter de capaciteit is.
Er zijn ook niet-lineaire luchttrimmers, n.l. de zogenaamde compressie-trimmers. Hiervan heeft u reeds een voorbeeld gezien bij de film-varco's, die van zulke compressietrimmers zijn voorzien. Verder zijn er luchttrimmers die als het ware mini-uitvoeringen van de reeds besproken luchtvarco's zijn.

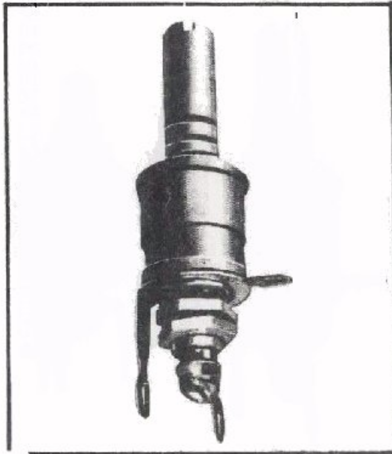
Bij film-trimmers heeft men dunne plasticlaagjes tussen de platen aangebracht, waardoor de afmetingen klein gehouden kunnen worden. Deze film-trimmers lenen zich in het bijzonder goed voor printmontage door hun vorm en hun kleine afmetingen.



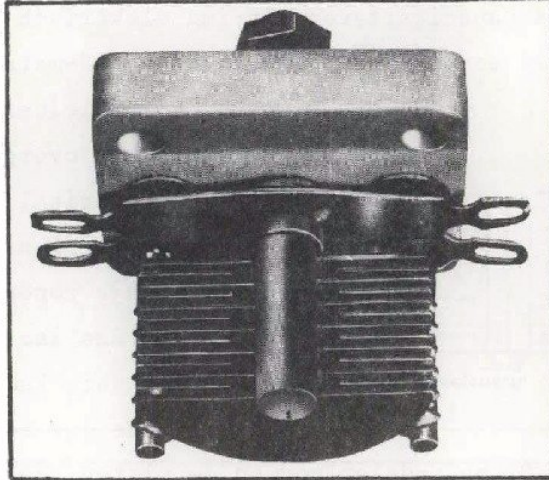
symbool

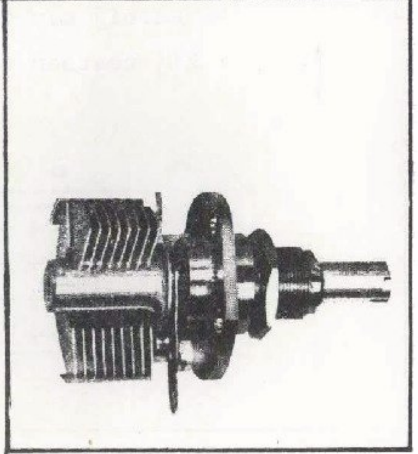
Tenslotte heeft men nog keramische trimmers. Bij de buisvormige uitvoering draait men een metalen schroef (de ene "condensatorplaat") in een cilindrisch stuk keramiek dat zelf door een cilindrisch busje (de andere "condensatorplaat") is omgeven. Hoe verder men de schroef erin draait, des te groter de capaciteit tussen schroef en metalen busje zal zijn.
Er komen ook schijfvormige uitvoeringen van keramische trimmers voor. Deze lenen zich goed voor printmontage, evenals de film-trimmers.

ENKELE VOORBEELDEN VAN TRIMMERS

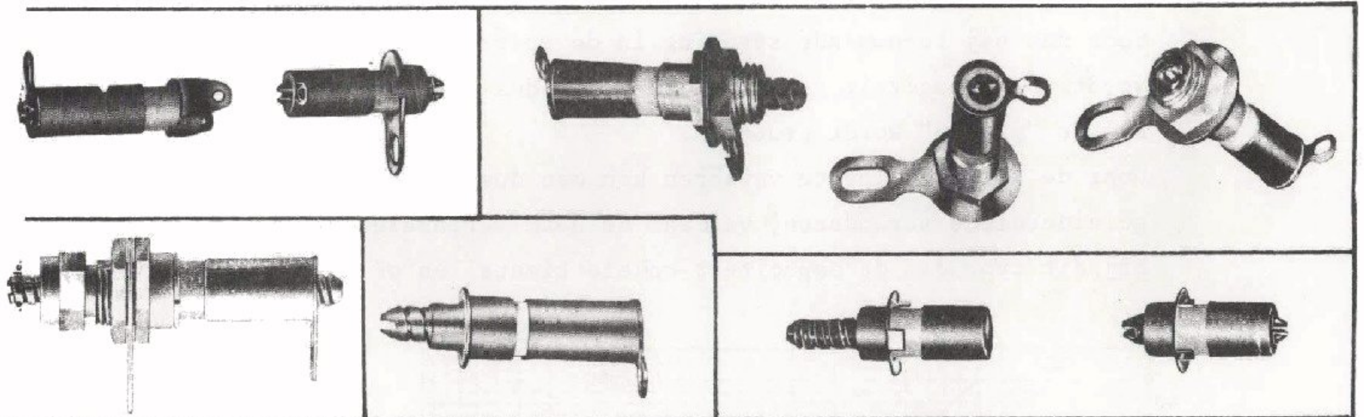


concentrische luchttrimmer

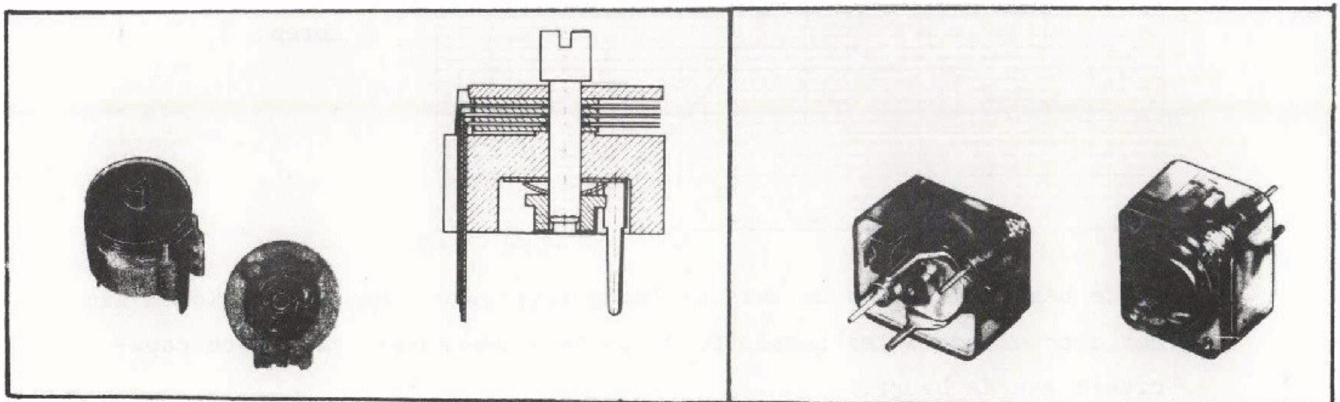




luchttrimmers



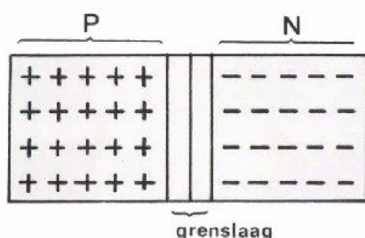
diverse cilindrische keramische trimmers



enkele plasticfilm-trimmers

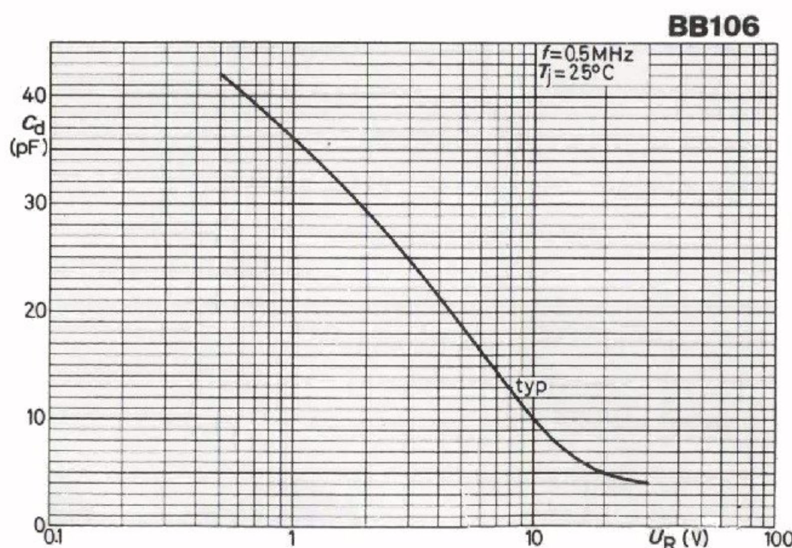
VARIABELE CAPACITEITSDIODEN.

Bij de vorige typen regelbare condensatoren werd de capaciteit door draaien met de hand of een schroevedraaier veranderd. De capaciteits-verandering kwam mechanisch tot stand. Er zijn ook kleine condensatoren waarbij men de capaciteitsverandering elektrisch teweeg kan brengen. Zij bestaan uit een stuke P- en een stukje N-materiaal, die tezamen een halfgeleiderdiode vormen.



In het overgangsgebied van het P- en N-materiaal bevindt zich de zogenaamde grenslaag. Dit is een smal gebiedje zonder beweeglijke ladinkjes dat dus isolerend werkt. Met enige fantasie kan men een halfgeleiderdiode dus een condensator noemen. De geleidende P- en N-delen vormen de platen, de grenslaag de isolatie tussen die platen.

Nu doet zich bij zo'n halfgeleiderdiode het merkwaardige verschijnsel voor dat bij toenemende spanning in de sperrichting het grenslaagje breder wordt. De capaciteit van de diode wordt dus kleiner, want de afstand tussen de "platen" wordt groter.
Door de sperspanning te variëren kan men dus de capaciteit van een halfgeleiderdiode veranderen, vandaar de naam variabele capaciteitsdiode.
Bij dit type dan de capaciteit enkele tientallen pF gevarieerd worden, b.v. in naaststaand voorbeeld tussen 4 pF en 42 pF.



We geven op het volgende blad een overzicht van de diverse regelbare condensatoren.

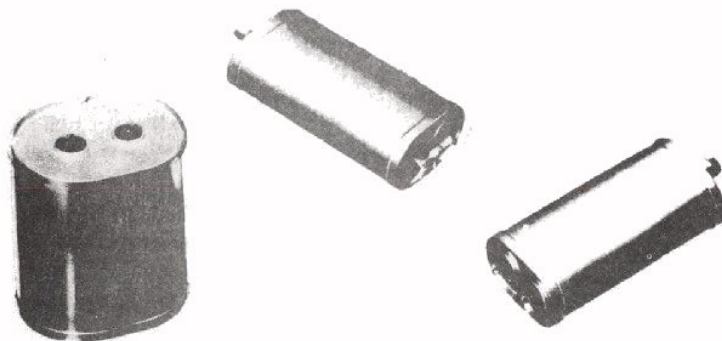
Na de behandeling van de verschillende regelbare condensators komen aan het eind van deze les tenslotte de vaste condensators met grote capaciteit aan de beurt.

OVERZICHT REGELBARE CONDENSATORS

<table>
<tr><td rowspan="3">VARIABELE
CONDENSATORS</td><td rowspan="3">enkelvoudig
of
meervoudig</td><td rowspan="3">lineair
of
logarithmisch</td><td>lucht-varco</td><td colspan="2">zeer nauwkeurig
zeer stabiel
heel weinig verliezen</td></tr>
<tr><td>film-varco</td><td colspan="2">goedkoop
kleine afmetingen</td></tr>
<tr><td>vacuüm-vacro</td><td colspan="2">zeer nauwkeurig en stabiel
heel weinig verliezen
hoge toelaatbare spanning</td></tr>
<tr><td rowspan="6">TRIMMERS</td><td rowspan="6">enkelvoudig</td><td rowspan="3">lucht-
trimmer</td><td>compressie trimmer</td><td>niet-lineair</td><td>goedkoop</td></tr>
<tr><td>concentrische trimmer</td><td>lineair</td><td rowspan="2">nauwkeurig
stabiel
weinig verliezen</td></tr>
<tr><td>varco-uitvoering</td><td>lineair</td></tr>
<tr><td colspan="2">film-trimmer</td><td>lineair</td><td>geschikt voor printmontage</td></tr>
<tr><td rowspan="2">keramische
trimmer</td><td>buisvormig</td><td>lineair</td><td>goedkoop</td></tr>
<tr><td>schijfvormig</td><td>lineair</td><td>geschikt voor printmontage</td></tr>
<tr><td>VARIABELE
CAPACITEITS
DIODEN</td><td colspan="5">Waarde van C is te variëren door sper-gelijkspanning te veranderen.
Regeling is niet-linear en bedraagt enkele tientallen pF.</td></tr>
</table>

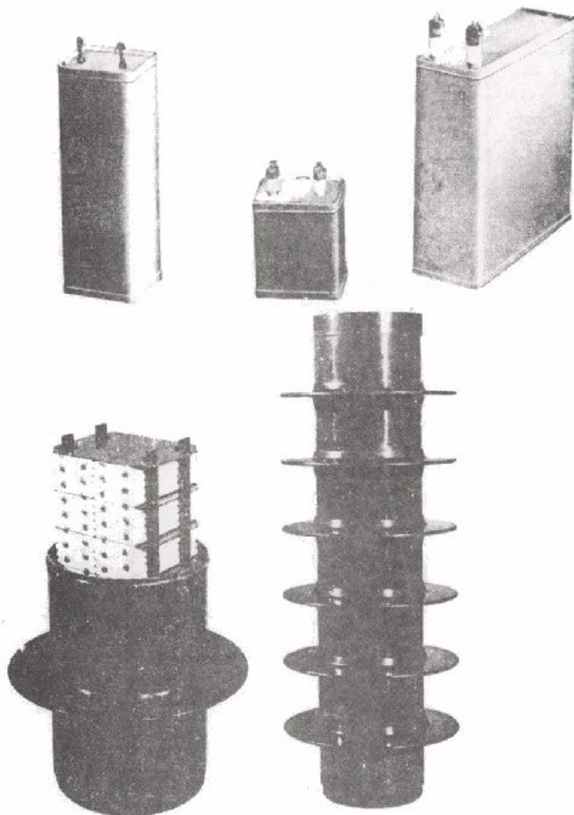
CONDENSATORS MET GROTE CAPACITEIT

PAPIERCONDENSATORS



De papiercondensators met kleine capaciteit die men vroeger wel toepaste zijn geheel verdrongen door de plastic-film condensators.
Wel gebruikt men nog papiercondensators met grote capaciteit, tot ca. 25 µF toe.
Het bijzondere voordeel van deze papiercondensators ten opzichte van de hierna te bespreken elco's is dat zij altijd zonder bezwaar wisselspanning kunnen verwerken.

Hierboven staan enkele voorbeelden van in een metalen bus ondergebrachte papiercondensators die men in de sterkstroomtechniek toepast (o.a. bij TL-verlichting). De capaciteitswaarden liggen globaal tussen 1 µF en 25 µF, de maximaal toelaatbare spanning kan 250 à 500 V_{eff} bedragen.

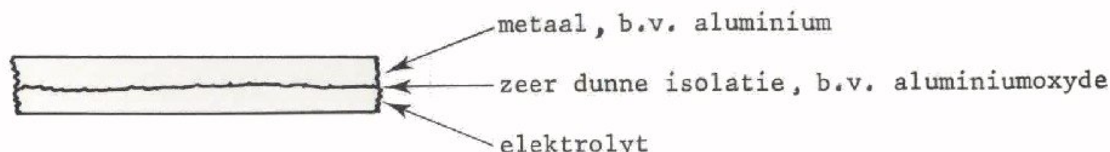


Hiernaast ziet u een aantal voorbeelden van blokcondensators met papier-isolatie. Zij worden toegepast als betrouwbaarheid gedurende lange tijd een eerste vereiste is, zoals bijv. in PTT-installaties. Ze worden gebruikt voor koppel-, ontkoppel-, scheidings- en afvlakdoeleinden. De capaciteitswaarden liggen globaal tussen 0,1 µF en 25 µF. Er zijn uitvoeringen bij die een gelijkspanning van ruim 3 kV kunnen hebben.

Tot slot geven we een paar voorbeelden van hoogspannings-papiercondensators zoals men die wel gebruikt bij röntgenapparatuur, atoomonderzoek en andere hoogspanningsinstallaties. De toelaatbare maximumspanningen kunnen wel 300 kV bedragen.
De afmetingen van deze condensators zijn nogal groot, globaal zo van 15 cm tot 80 cm lengte.

ELEKTROLYTISCHE CONDENSATORS

Condensators met een zeer grote capaciteit (zelfs groter dan 100 μF) zijn de zogenaamde *elektrolytische condensators*, afgekort *elco's*. Dit zijn condensators waarvan de ene plaat bestaat uit metaal en de andere uit een geleidende chemische stof, een zogenaamd *elektrolyt*. Onder invloed van het elektrolyt kan op het metaal een zeer dunne isolerende laag ontstaan. Schematisch is de opbouw in doorsnede als volgt:



De zeer grote capaciteit verkrijgt men door:

Het metaaloppervlak te etsen. Hierdoor komen er in het metaaloppervlak oneffenheden en dit heeft tot gevolg dat dit oppervlak A aanzienlijk wordt vergroot (wel 50 maal).

De isolatielaag buitengewoon dun te houden. De afstand l tussen de platen is dus zeer klein.

In de formule voor de capaciteit: $C = \varepsilon \frac{A}{l}$

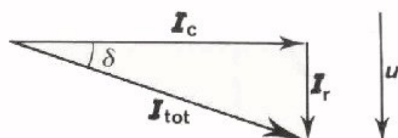
is voor een elco dus: A zeer groot en
l zeer klein.
C is dus zeer groot.

Er komen drie types elco's voor:
- de natte aluminium elco,
- de droge aluminium elco,
- de droge tantaal elco.

Op volgend blad vindt u afbeeldingen van elk van deze typen.

Opmerking:

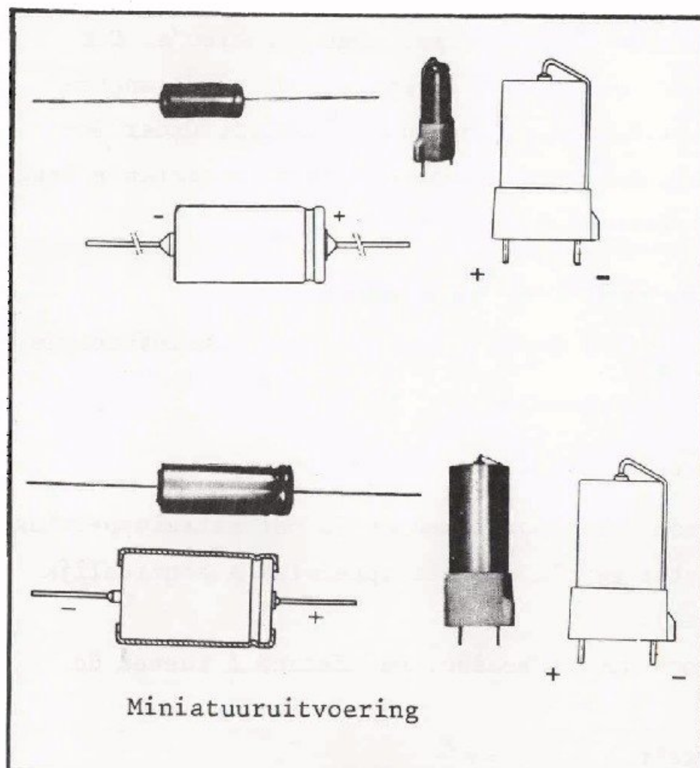
Alle condensators bezitten een ongewenste parallelweerstand. Meestal is die zo groot dat dit geen bezwaar vormt; elektrolytische condensators hebben echter een tamelijk kleine parallelweerstand.
De grootte van deze weerstand wordt vaak uitgedrukt in "tg δ " (tangens delta). δ (delta) wordt de verlieshoek genoemd, de parallelweerstand wordt ook wel de verliesweerstand genoemd.



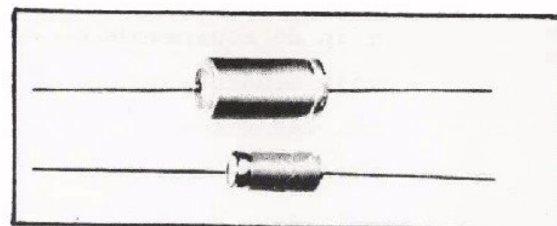
De benamingen zijn direkt begrijpelijk te maken aan de hand van het vektordiagram. Naarmate de stroom door R kleiner is, is de verliesweerstand groter.

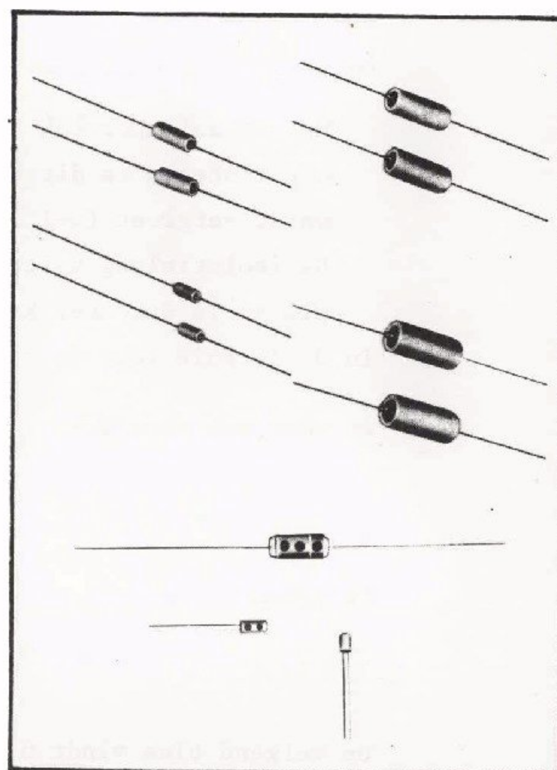
$\text{tg } \delta = \frac{I_r}{I_c}$ moet zo klein mogelijk zijn.

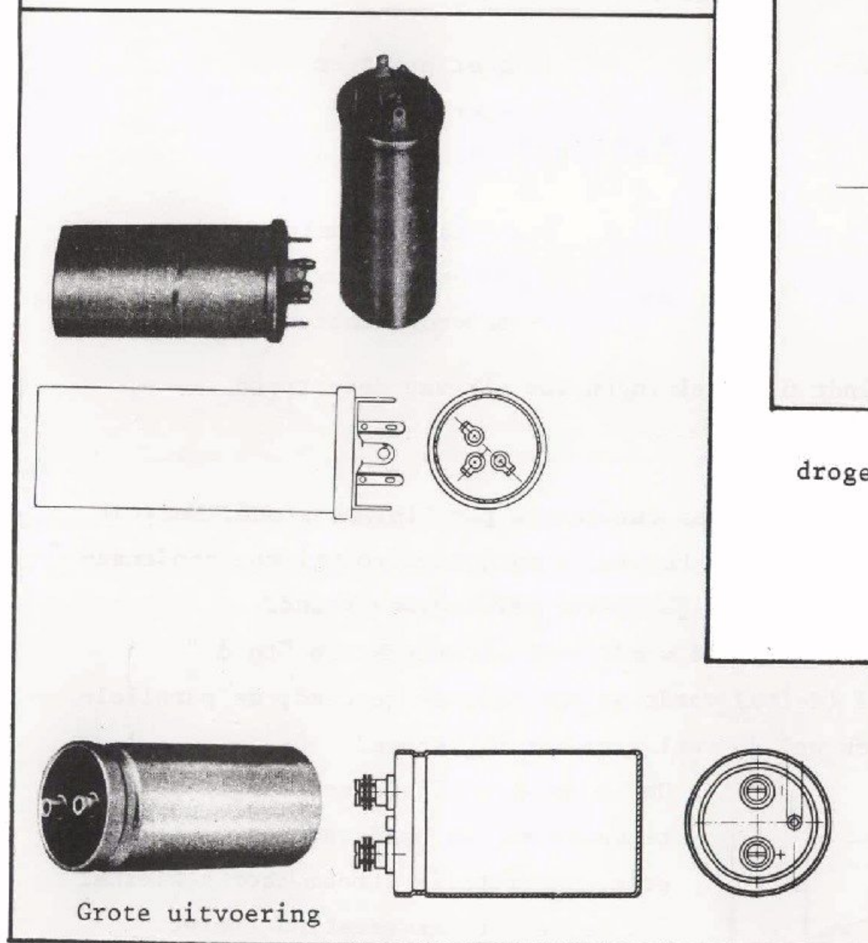
Voorbeelden van diverse elco's:



Miniatuuruitvoering


droge aluminium-elco's


droge tantaal-elco's


Grote uitvoering

natte aluminium-elco's

O V E R Z I C H T V A N E L C O 's

Op nevenstaand blad ziet U de uitvoeringsvormen waarin U elco's kunt tegenkomen. In onderstaande tabel vindt U een overzicht van de eigenschappen die bij deze uitvoeringsvormen passen. Dit soort overzichten worden door fabrikanten in componenten boeken verstrekt.

Uitvoering	Temperatuur gebied (°C)	Capaciteits- waarden (µF)	Spannings gebied (V)	Toepassing
miniatuur	-25 tot 70/85 -40 tot +85 -40 tot +85	0,33 tot 4700	4 tot 63	algemeen
	-25 tot +70	2,5 tot 80	100 tot 400	algemeen hoge spanning
	-40 tot +85	2,2 tot 2200	6,3 tot 63	lange levens- duur industrieel
grote	-25 tot +70	680 tot 68 000	6,3 tot 63	algemeen
	-40 tot +85	680 tot 47 000	6,3 tot 63	lange levens- duur industrieel
	-40 tot +85	1500 tot 150 000	6,3 tot 100	hoge waarden lange levens- duur industrieel
droge aluminium klein	-55 tot +85 -80 tot +125	2,2 tot 330	6,3 tot 40	lange levens- duur grote be- trouwbaarheid
droge tantaal zeer klein	-55 tot +85	0,01 tot 68	1,6 tot 40	zeer kleine afmetingen gehoorappa- raten elektronische klokken

Soms worden elco's meervoudig uitgevoerd. Dat wil zeggen dat in een behuizing meerdere elco's ondergebracht zijn. Soms ook wordt de behuizing los van de aansluiting gehouden.



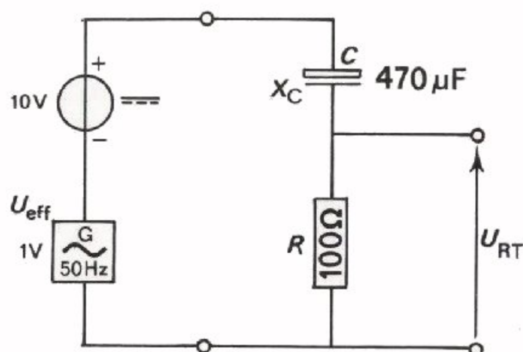
△ merkteken voor -kant
□ ○ merkteken voor +kant



Eén elco los van het huis

Dubbele elco in een huis

OPDRACHT: HET METEN VAN DE CAPACITEIT VAN EEN ELCO.



- Bouw bovenstaande schakeling. Stel de waarde van U_T met behulp van een oscilloscoop in op 1 V.
- Meet U_{RT} met behulp van de oscilloscoop

  U_{RT} = [/ V]

- Verwissel R en C. Stel U_T weer in op 1 V.
- Meet U_{CT} met behulp van de oscilloscoop.

  U_{CT} = [V]

- Bereken de capaciteit C. Bedenk dat:

$$\frac{100}{6} : \frac{U_{RT}}{U_{CT}} = \frac{R}{X_C}$$

u vindt: X_C = [ ] en C = [µF]

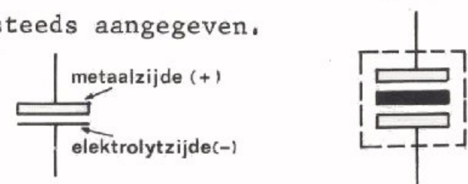
EIGENSCHAPPEN VAN ELCO'S

Zoals gezegd bestaat de ene plaat van een elco uit een geëtst metaal. De andere plaat wordt gevormd door papier of glasvezel die is doordrenkt met een vloeibare elektrolyt.

Bij fabricage worden deze twee "platen" tegen elkaar aangelegd. Het geheel wordt in een cylindrisch metalen omhulsel ondergebracht en van aansluitingen voorzien. Daarna wordt de elco *geformeerd*. Men sluit er gedurende enige tijd een gelijkspanning op aan die een isolerend oxydelaagje tussen metaal en elektrolyt doet ontstaan. Na het formeren is de elco pas klaar voor gebruik.

Dit heeft voor de praktijk een belangrijk gevolg. Men mag op een elco alleen een (pulserende) gelijkspanning aansluiten van dezelfde polariteit als bij het formeren. Sluit men een spanning van tegengestelde polariteit aan, dan wordt het oxydelaagje weer afgebroken en er ontstaat kortsluiting. Ook voor wisselspanning is een elco ongeschikt, omdat dan telkens even een spanning van verkeerde polariteit over de elco komt te staan. Op elco's is de vereiste polariteit dan ook steeds aangegeven.

In schema's gebruikt men voor elco's een apart symbool.

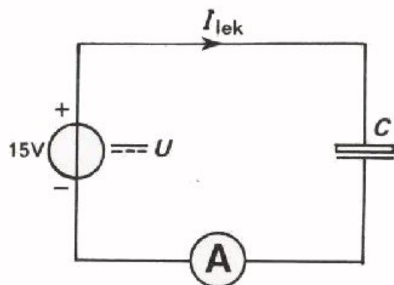


Opmerking: de metaalzijde voor de elco is meestal niet het huis van de elco. De behuizing is meestal wel van metaal maar doorverbonden met de electrolyt zijde van de elco.
Er zijn wel elco's waarbij de polariteit er niet toe doet, zogenaamde *bipolaire* elco's. Dit is bereikt door binnen één omhulsel twee elco's in serie te schakelen.
Bij de afbeeldingen op blad B115.13 kwam u, behalve de natte elco's (waarover we hierboven hebben gesproken), ook nog droge elco's tegen. "Natte" elco wil zeggen dat de elektrolyt vloeibaar is. Bij de "droge" elco's is de elektrolyt vast. Hierdoor verkrijgen de droge aluminium elco's o.a. de gunstige eigenschap dat ze in enkelvoudige uitvoering toch bipolair zijn.
Er zijn aluminium elco's en tantaal elco's; dit slaat op het metaal waarvan de ene plaat gemaakt is.

Op blad B115.17 zijn verdere bijzonderheden over elco's samen met die van papiercondensators overzichtelijk vermeld.

In de opdracht op het volgend blad gaan we de lekstroom bij verschillende typen condensators bekijken. Naarmate de lekstroom kleiner is, is de parallelweerstand van de condensator groter en zijn de verliezen kleiner.

OPDRACHT: HET METEN VAN DE LEKSTROOM VAN ENKELE CONDENSATORS



- Bouw nevenstaande schakeling, waarbij C een elco is van 470 µF - 16 V. R_p is de lekweerstand die in de condensator aanwezig is. Houd U in het begin op 0 V.
- Zet de universeelmeter in de maximale stroomstand en laad C door U op te voeren tot 15 V.
- Schakel de universeelmeter in gevoeliger standen en meet de lekstroom door de lekweerstand (I_{LEK}) na 5 minuten.

I_{LEK} = [µA]

- Bereken de parallelweerstand R_p = [ ]

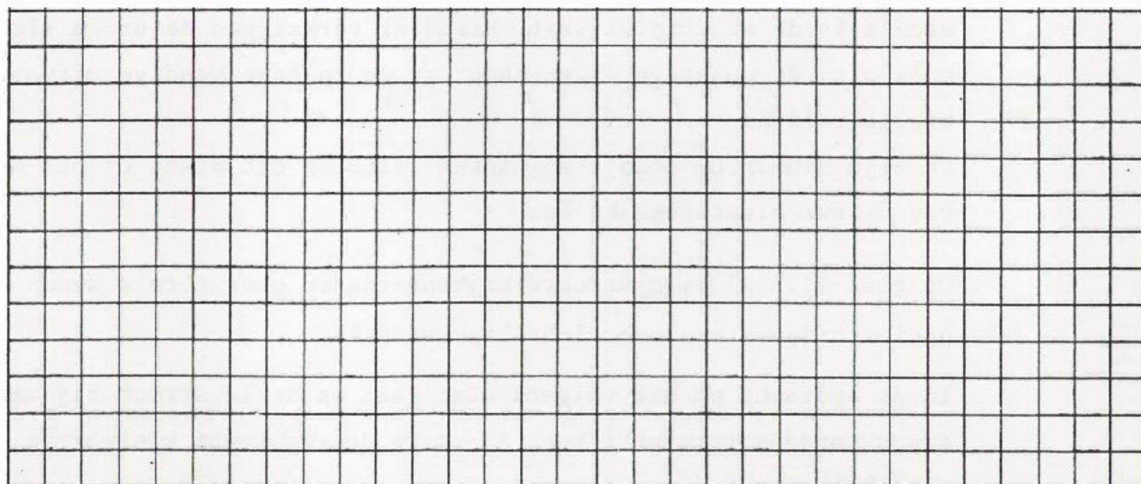
- Vervang de condensator door een elco van 2,2 µF - 16 V en meet voor deze op dezelfde wijze I_{LEK} na 5 minuten.

I_{LEK} = [µA]

- Bereken ook nu R_p

R_p = [ ]

- Vervang de C door een polyestercondensator van 1 µF. Tracht op dezelfde manier deze C te laden tot 30 V en daarna zijn lekstroom te meten.
- Resultaat en conclusie.



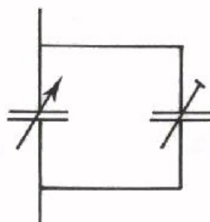
OVERZICHT VASTE CONDENSATORS MET GROTE CAPACITEIT

Soort condensator	Voor spanningen	Capaciteit	
PAPIER → voor netspanningsapparatuur	250 V_{eff} tot 500 V_{eff}	1 tot 25 μF	goed bipolair te gebruiken
PAPIER → voor hoge betrouwbaarheid	250 V tot 2 kV	1,5 tot 10 nF	
			zijn goedkoop
ELEKTROLYTISCH → natte aluminium	4 tot 63 V 100 tot 400 V 6,3 tot 63 V 6,3 tot 100 V	0,33 tot 4700 μF 2,5 tot 80 μF 680 tot 68 000 μF 1500 tot 150 000 μF	goedkoop voor hoge spanningen beschikbaar. moet na lang opslaan opnieuw geformeerd worden.
ELEKTROLYTISCH → droge aluminium	6,3 V - 40 V	2,2 tot 330 μF	grote levensduur betrouwbaar stabiel vanwege vast elektrolyt is bipolair kan lang opgeslagen worden zonder dat opnieuw formeren nodig is. grote maximaal toelaatbare temperatuur.
ELEKTROLYTISCH → droge tantaal	1,6 V - 40 V	10 nF - 68 μF	zeer duur zeer kleine afmetingen stabiel vanwege vast elektrolyt

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1. 

De minimumcapaciteit van de condensator C is 25 pF, de maximum capaciteit gelijk aan 265 pF. Parallel aan C wordt een trimmer C_t van 5 pF geschakeld. Hoe groot is de verhouding $C_{max} : C_{min}$ zonder C_t en met C_t?

zonder C_t is $C_{max} : C_{min}$ = :

met C_t is $C_{max} : C_{min}$ = :

2. Als men op een polystyreencondensator van 1 nF een spanning aansluit van 20 V, loopt er een lekstroom van 0,01 nA. Hoe groot is de parallelweerstand van deze condensator?

R_{par} =

Als men deze condensator tot 10 V heeft geladen, hoe lang duurt het dan totdat zijn spanning tot 3,7 V is gedaald door de aanwezigheid van R_{par}?

t =

3. Is een papiercondensator bipolair? **ja/nee**

B 116

HERHALING CONDENSATORS

INLEIDING

In de voorgaande lessen hebben we herhaald wat we in het A-deel van de cursus over condensators geleerd hebben. Bovendien hebben we dit op een aantal plaatsen aangevuld.
We hebben ook een volledige opsomming gegeven van soorten en typen condensators, hun coderingen, eigenschappen en toepassingen in de praktijk.
In deze les herhalen we dit alles in grote lijnen. We gaan hierbij op de volgende manier te werk:

- Deze les bevat telkens een blad met vragen zoals u die op de volgende test kunt verwachten.
- Probeer deze vragen zelfstandig te beantwoorden.
- Na enige tijd krijgt u de volledige uitwerkingen.
- Controleer deze uitwerkingen zorgvuldig.
- Begrijpt u iets niet, vraag dan nadere uitleg aan uw leraar.

GEHEUGENSTEUN EN TABELLEN

U krijgt nu eerst de geheugensteun en enige tabellen. Hierop vindt u de belangrijkste gegevens over condensators bij elkaar.

- Bestudeer deze goed. Zorg dat u er goed in thuis raakt, want op de volgende test moet u ze kunnen gebruiken.

OVERZICHT VASTE CONDENSATORS MET KLEINE CAPACITEIT

soort	type	uitvoering	klasse	globaal capaciteits gebied	eigenschappen
keramische condensators	$\varepsilon_r < 150$	buisvormig schijfvormig plaatvormig	1	0,8 - 820 pF	stabiel weinig verlies bij hoge *f*.
	$\varepsilon_r > 150$	buisvormig schijfvormig plaatvormig	2	680 pF - 22 nF	sterk temp.-afhankelijk niet stabiel kleine afmetingen bij hoge *C*-waarde.
	$\varepsilon_r > 150$	buisvormige doorvoercond.	2	2,5 pF - 2200 pF	weinig zelfinductie
	sperlaagcond.	plaatvormig	1 2 3	0,56 - 560 pF 0,47 pF - 22 nF 22 nF - 100 nF	*C* is spanningsafhankelijk
plasticfilm- condensators	polyester	platte film gegoten cylindrisch	2	1 nF - 1 µF	goedkope koppel- en ontkoppel *C*'s
	polystyreen	cylindrisch	1	51 pF - 6800pF	stabiel weinig verlies bij hoge *f*.
glas			1	0,5 pF - 100 nF	buitengewoon stabiel zéér groot temp.-bereik weinig verlies bij hoge *f*.

OVERZICHT REGELBARE CONDENSATORS

VARIABELE CONDENSATORS	**enkelvoudig** of **meervoudig**	**lineair** of logarithmisch	**lucht-varco**	zeer nauwkeurig zeer stabiel heel weinig verliezen	
			film-varco	goedkoop kleine afmetingen	
			vacuüm-vacro	zeer nauwkeurig en stabiel heel weinig verliezen hoge toelaatbare spanning	
TRIMMERS	**enkelvoudig**	**lucht-trimmer**	compressie trimmer	niet-lineair	goedkoop
			concentrische trimmer	lineair	nauwkeurig stabiel weinig verliezen
			varco-uitvoering	lineair	
		film-trimmer		lineair	geschikt voor printmontage
		keramische trimmer	buisvormig	lineair	goedkoop
			schijfvormig	lineair	geschikt voor printmontage
VARIABELE CAPACITEITS DIODEN	Waarde van C is te variëren door sper-gelijkspanning te veranderen. Regeling is niet-linear en bedraagt enkele tientallen pF.				

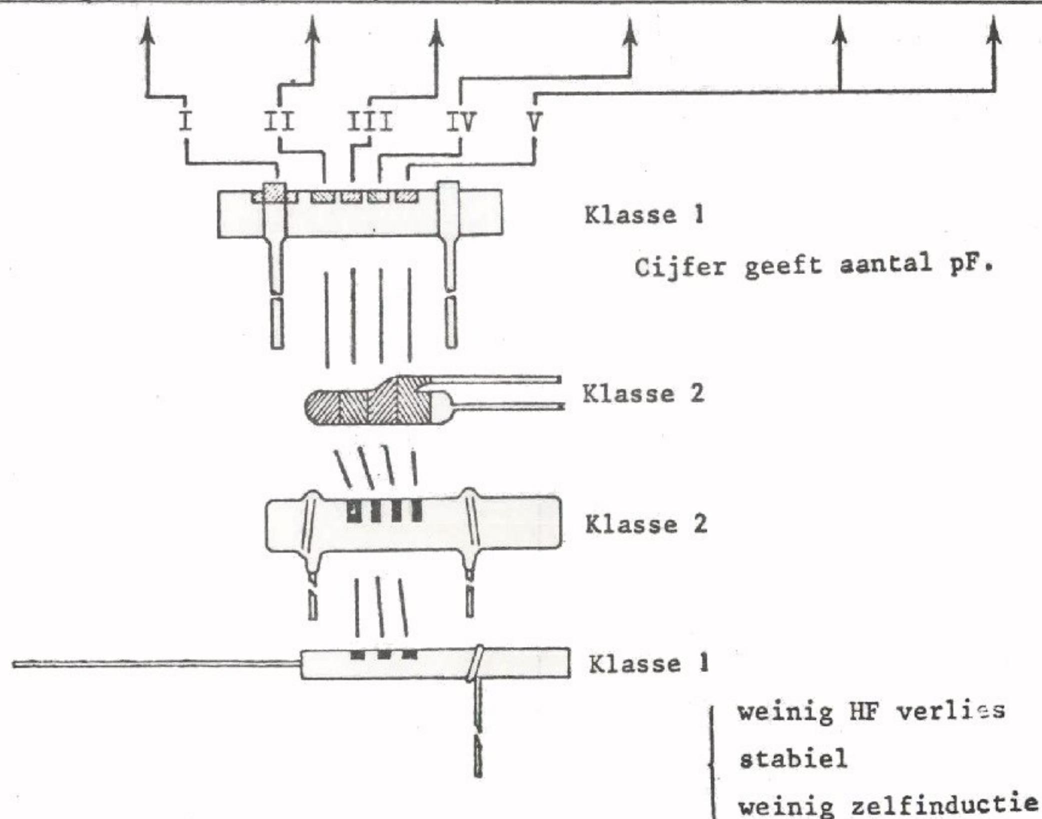
OVERZICHT VASTE CONDENSATORS MET GROTE CAPACITEIT

Soort condensator	Voor spanningen	Capaciteit	
PAPIER → voor netspanningsapparatuur	250 V_{eff} tot 500 V_{eff}	1 tot 25 µF	goed pibolair te gebruiken
PAPIER → voor hoge betrouwbaarheid	250 V tot 2 kV kV	1,5 tot 10 nF	
			zijn goedkoop
ELEKTROLYTISCH → natte aluminium	4 tot 63 V 100 tot 400 V 6,3 tot 63 V 6,3 tot 100 V	0,33 tot 4700 µF 2,5 tot 80 µF 680 tot 68 000 µF 1500 tot 150 000 µF	goedkoop voor hoge spanningen beschikbaar. moet na lang opslaan opnieuw geformeerd worden.
ELEKTROLYTISCH → droge aluminium	6,3 V - 40 V	2,2 tot 330 µF	grote levensduur betrouwbaar stabiel vanwege vast elektrolyt is bipolair kan lang opgeslagen worden zonder dat opnieuw formeren nodig is. grote maximaal toelaatbare temperatuur.
ELEKTROLYTISCH → droge tantaal	1,6 V - 40 V	10 nF - 68 µF	zeer duur zeer kleine afmetingen stabiel vanwege vast elektrolyt

G E H E U G E N S T E U N

KLEURCODERING VAN KERAMISCHE CONDENSATORS

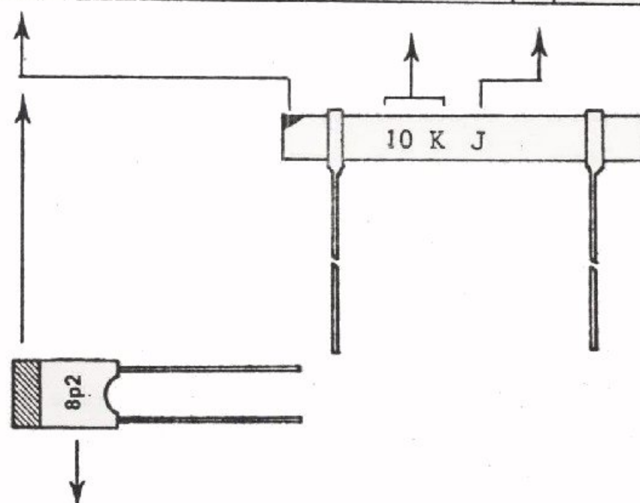
	TC	1e cijfer	2e cijfer	vermenigvuldig - factor	tolerantie $C \leq 10$ pF	tolerantie $C > 10$ pF
rood/violet	$+100.10^{-6}$					
zwart	0.10^{-6}		0	$10^0 = 1$		± 20%
bruin	-33.10^{-6}	1	1	$10^1 = 10$	± 0,1 pF	± 1%
rood	-75.10^{-6}	2	2	10^2	± 0,25 pF	± 2%
oranje	-150.10^{-6}	3	3	10^3		
geel	-220.10^{-6}	4	4	10^4		
groen	-330.10^{-6}	5	5		± 0,5 pF	± 5%
blauw	-470.10^{-6}	6	6			
violet	-750.10^{-6}	7	7			
grijs		8	8	$10^{-2} = \frac{1}{100}$		
wit		9	9	$10^{-1} = \frac{1}{10}$	± 1 pF	± 10%
oranje oranje	-1000.10^{-6}					



G E H E U G E N S T E U N

CIJFERCODERING VAN KERAMISCHE CONDENSATORS

TC in kleurkodering		cijfer van capaciteit	lettercodering voor tolerantie		waarden
rood/violet	$+100.10^{-6}$		C	± 0,25 pF	C < 10 pF
zwart	0.10^{-6}		D	± 0,5 pF	
bruin	-33.10^{-6}		F	± 1 pF	
rood	-75.10^{-6}	aantal pF			
oranje	-150.10^{-6}	$K = 10^3$	F	± 1 %	C > 10 pF
geel	-220.10^{-6}		G	± 2 %	
groen	-330.10^{-6}		J	± 5 %	
blauw	-470.10^{-6}		K	± 10%	
violet	-750.10^{-6}		M	±20 %	
oranje/oranje	-1500.10^{-6}		S	+50/-20 %	



1 p 2	1,2pF	1
18 p	18 pF	1
n 10	0,1 nF	1
4 n 7	4,7 nF	2
22 n	22 nF	3
100 n	100 nF	3
enz.		
cijfer van capaciteit		Klasse

G E H E U G E N S T E U N

KLEURCODERING VAN POLYESTER-CONDENSATORS

Deze past men toe bij een platte film-uitvoering van gemetaliseerde polyester-condensators.

kleur	1e cijfer	2e cijfer	vermenig-vuldig-factor	capaciteits tolerantie	nominale spanning
zwart	-	0	1	± 20%	
bruin	1	1	10^1		100 V
rood	2	2	10^2		250 V
oranje	3	3	10^3		
geel	4	4	10^4		400 V
groen	5	5	10^5		
blauw	6	6			630 V
violet	7	7			
grijs	8	8			
wit	9	9		± 10%	

CIJFERCODERING VAN PLASTICFILM-CONDENSATORS

Over het algemeen spreekt deze voor zichzelf.

Gegeven wordt:

de capaciteitswaarde
de tolerantie van de capaciteit
de nominaal toelaatbare spanning

Voor een "nugget"-uitvoering van polyester-condensators betekent het opschrift

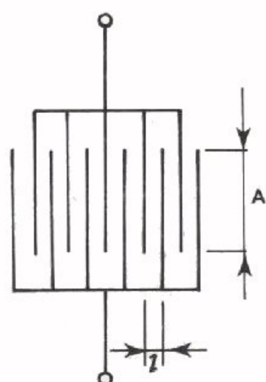
0.22/20/250

dat: C = 0,22 µF
tolerantie = ± 20%
nominale spanning = 250 V.

TEST UZELF

1. Men heeft een ongeladen condensator van 50 µF. Deze condensator wordt gedurende 30 ms geladen met een constante stroom van 5 mA. Daarna is de condensator geladen tot een spanning van:

	3 V	O
	22,5 V	O
bijna	150 V	O
ruim	1000 V	O

2. 

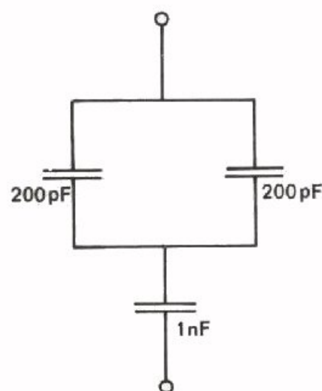
Van een luchtcondensator, die is samengesteld uit evenwijdig opgestelde in elkaar geschoven plaatjes,is:

A = 20 cm^2 $\varepsilon_o = 8{,}85 . 10^{-12} \frac{As}{Vm}$

l = 0,1 mm

De capaciteit C:

≈ 200 pF	O
≈ 350 pF	O
≈ 700 pF	O
≈ 2 nF	O

3. 

Deze schakeling kan men vervangen door één condensator van:

	1400 pF	O
	1000 pF	O
bijna	300 pF	O
minder dan	200 pF	O

UITWERKING VAN DE VOORAFGAANDE VRAGEN.

Bestudeer de volgende antwoorden goed; u kunt er veel van leren.

1. $C = \frac{Q}{U}$

$U = \frac{Q}{C} = \frac{I.t}{C}$

$I = 5.10^{-3}$ A

$t = 30.10^{-3}$ s

$C = 50.10^{-6}$ F

$U = \frac{5.10^{-3}.30.10^{-3}}{50.10^{-6}} = \underline{3\ V}.$

2. $C = \varepsilon . \frac{A}{l}$

Er staan 10 x 2 platen tegenover elkaar, zodat:

$A = 10 \times 20\ cm^2 = 200.10^{-4}\ m^2$

$l = 0{,}1\ mm = 10^{-4}\ m$

$\varepsilon = \varepsilon_r . \varepsilon_o = 1.8{,}85.10^{-12}$

$C = 8{,}85.10^{-12} . \frac{200.10^{-4}}{10^{-4}} = 8{,}85 .200.10^{-12}$ F

$= \underline{1770\ pF}.$

3. 200 + 200 = 400 pF

1 nF = 1000 pF

$\frac{400 . 1000}{400 + 1000} = \frac{4000}{14}$

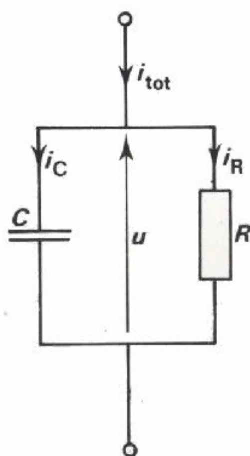
$= \underline{285\ pF}$

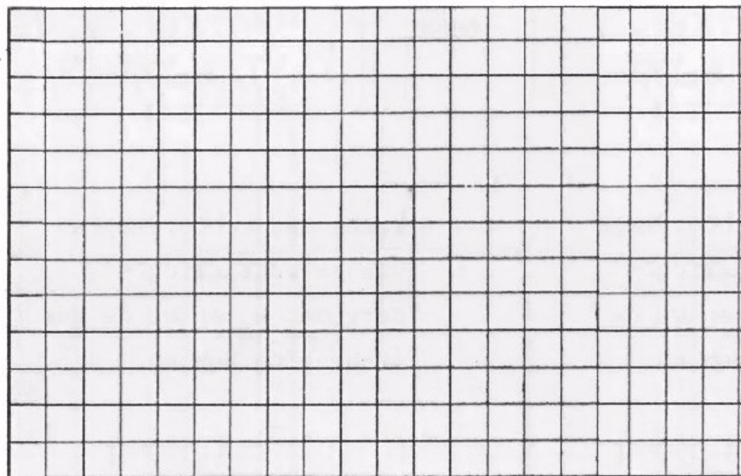
Opmerking.

Vergelijk uw "kladblaadjes" eens met bovenstaande.

TEST UZELF

4\. Teken het vectordiagram voor deze schakeling.





Welke conclusie trekt u uit dit vectordiagram:

u en i_{tot} zijn 90° in fase verschoven	O
u en i_{tot} zijn minder dan 90° in fase verschoven	O
u en i_{tot} zijn meer dan 90° in fase verschoven	O
u en i_{tot} zijn in fase	O

5\. Men moet een resonantiekring voor ω_o = 1 Mrad/s maken. Men heeft een condensator van 1 nF. De zelfinductie L van de spoel die men met deze condensator in serie moet zetten bedraagt:

L = 1 mH	O
0,1 mH	O
10 µH	O
1 µH	O

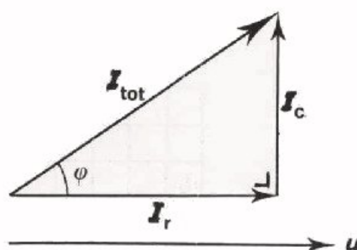
UITWERKING

4. We hebben hier te maken met een parallelschakeling. We gaan dus ui van de spanning u; die is immers gemeenschappelijk voor R en C.

- i_r is met u in fase
- i_c ijlt 90^0 voor op u
- i_{tot} vinden we als vectorsom van i_r en i_c

We zien dat φ kleiner is dan 90^0

Het *tweede antwoord* is juist.



5. Bij resonantie: $\omega_o^2 LC = 1$

Dus: $L = \frac{1}{\omega_o^2 C}$

$\omega_o = 1.10^6$

$\omega_o^2 = 10^{12}$

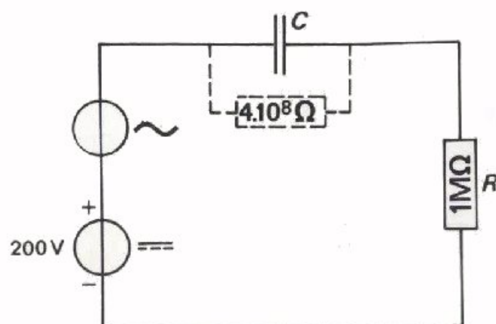
$C = 10^{-9}$ F

$L = \frac{1}{10^{12}\ 10^{-9}} = \frac{1}{10^3}$ H

$= 10^{-3}$ H = 1 mH.

TEST UZELF

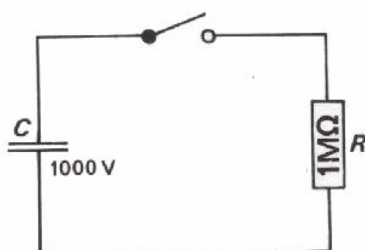
6.



De koppelcondensator C_k heeft een lekweerstand R_{par} van 4.10^8 Ω. Hoeveel gelijkspanning komt er nu nog over R te staan?

$U_R \approx$ [ ]

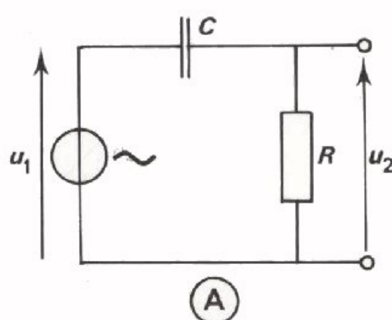
7.

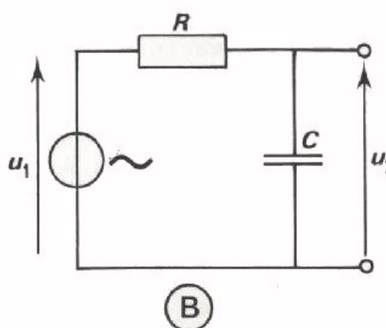


Een condensator is geladen tot 1000 V. Als men hem via een weerstand van 1 MΩ ontlaadt tot 370 V, dan duurt dit 10 seconden. Hoe groot is de capaciteit?

C = [ ]

8.





(A) (B)

u_2 moet 45^0 naijlen op u_1. Welke schakeling moet u dan toepassen?

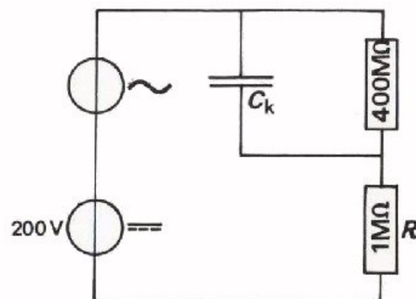
Schakeling: [ ]

Hoe groot moet u de waarde van R kiezen als f = 10 kHz en C = 10 nF?

$R \approx$ [ ]

UITWERKING

6. Blijkbaar is het zo:



Er treedt gelijkspanningsdeling op over 1 MΩ en 400 MΩ.

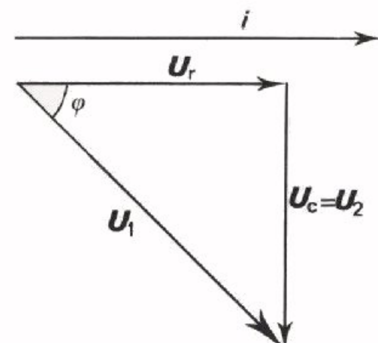
Over R staat ongeveer

$\frac{1}{400}$ x 200 V = 0,5 V.

7. In 10 seconden daalt de spanning blijkbaar tot 37%. De RC-tijd is dus 10 s.

$$RC = 10 \text{ of } C = \frac{10}{R} = \frac{10}{10^6} = 10.10^{-6} \text{ F}$$
$$= 10 \text{ µF.}$$

8. Het moet schakeling B zijn.
Zie het vectordiagram.

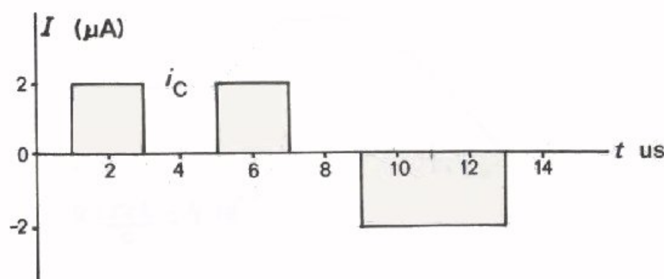


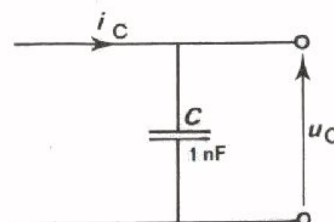
Bij 10 kHz moet:

$$u_c = U_R, \ (\varphi = 45^0)$$
$$i.X_c = i.R$$
$$X_c = R$$
$$\frac{1}{\omega C} = R \qquad R = \frac{1}{2\pi f C}$$
$$= \frac{1}{2\pi.10.10^3.10.10^{-9}}$$
$$= \frac{10^9}{2\pi.10^5} = \frac{10^4}{2}$$
$$= 1600 \ \Omega.$$

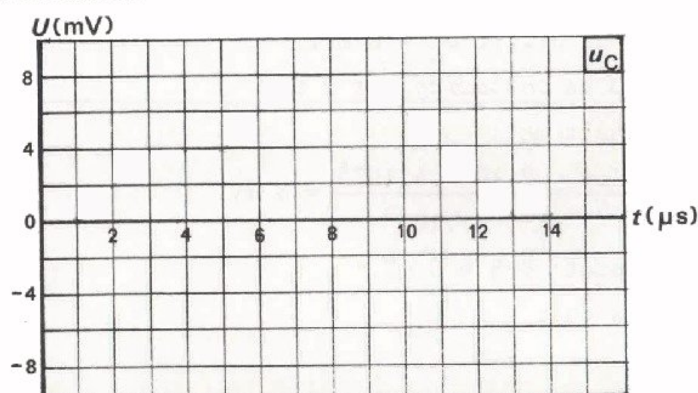
TEST UZELF

9. Aan een ongeladen condensator van 1 nF wordt onderstaande stroom toegevoerd.

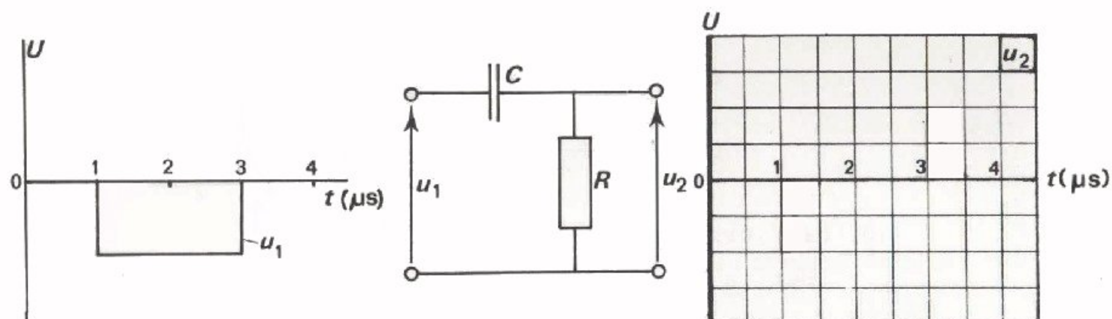




Bereken het verloop van de spanning over de condensator en teken dit hieronder.



10.



In deze schakeling zijn C en R zo gekozen dat de spanningssprongen van u_1 worden omgezet in spanningspieken bij u_2. Schets het verloop van u_2 in de rechter grafiek.

Als $R = 10\ \text{k}\Omega$, welke van onderstaande C's kiest u dan in deze schakeling?

$C =$	5 pF	0
	500 pF	0
	5 000 pF	0
	50 000 pF	0

UITWERKING

9. ● Van 0 tot 1 µs geen stroom I_c.
De condensator blijft ongeladen.

● Van 1 tot 3 µs stroom van 2 µA.
De condensator wordt geladen tot

$$U_C = \frac{Q}{C} = \frac{I.t}{C} = \frac{2.10^{-6}.2.10^{-6}}{1.10^{-9}} = 4 \text{ mV}.$$

De spanning neemt lineair toe van 0 naar 4 mV.

● Van 3 tot 5 µs, $I_c = 0$.
U_C blijft op 4 mV.

● Van 5 tot 7 µs, I_c is weer 2 µA.
De spanning stijgt lineair naar 8 mV.

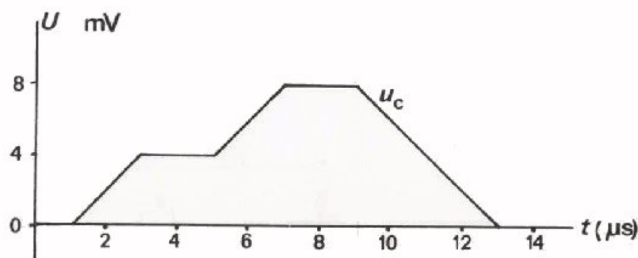
● Tussen 7 en 9 µs blijft $U_C = 8$ mV.

● Tussen 9 en 13 µs *ontlading* met 2 µA.
De spanning daalt met:

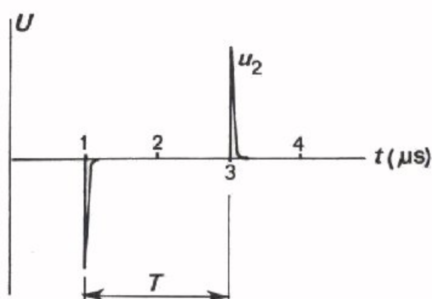
$$U_C = \frac{Q}{C} = \frac{I.t}{C} = \frac{2.10^{-6}.4.10^{-6}}{1.10^{-9}} = 8 \text{ mV}.$$

De spanning wordt: 8-8 = 0 mV.

● Het verloop is dus:



10. Het verloop van u_2 is als volgt:
(Het is een differentiërende schakeling)



Voorwaarde is dat $RC << T$.

$T = 2$ µs $= 2.10^{-6}$ s

$R = 10$ kΩ $= 10.10^{3}$ Ω.

C moet veel kleiner zijn dan

$$\frac{T}{R} = \frac{2.10^{-6}}{10.10^{3}} = 2.10^{-10} \text{ F}$$

$= 200$ pF

Het *eerste antwoord* is juist.

SOORTEN CONDENSATORS

In de twee voorafgaande lessen hebben we een indeling van de verschillende condensators gegeven. Van elk type zijn een aantal bijzonderheden vermeld. Het is niet de bedoeling dat u al die bijzonderheden uit het hoofd kent. Voordat we verder gaan met onze reeks testvragen zetten we het allerbelangrijkste dat u moet weten kort en bondig bij elkaar.

- We maken onderscheid in soorten condensators:

vaste

- met kleine *C*
  - keramische
  - plasticfilm - polyester
    polystyreen
  - mica
  - glas.
- met grote *C*
  - niet elektrolytisch (papier)
  - elektrolytisch
    aluminium nat
    aluminium droog
    tantaal droog

regelbare

- variabele
  - lucht
  - vacuüm
  - film
- trimmers
  - lucht
  - film
  - keramisch
- variabele capaciteitsdioden.

- Condensators van goede kwaliteit (klasse 1) zijn de:
  - polystyreen condensators
  - mica condensators
  - glas condensators
  - keramische condensators met kleine C, plaatvorm tot 560 pF
    buisvorm tot 820 pF.

- Goede kwaliteit is vooral vereist bij condensators in filters en resonantiekringen.
  Voor koppel-, ontkoppel- en afvlakdoeleinden kan men volstaan met condensators van veel mindere kwaliteit.

- Elco's zijn meestal polair.
  Let dus op de "+" en de "-" kant.
  Zij zijn niet geschikt voor zuivere wisselspanning.

- De afmetingen van een condensator zijn groter:
  - naarmate C groter is
  - naarmate de toelaatbare spanning U_{max} groter is.

- Condensators worden op vele manieren van een code voorzien.

  Bij twijfel moet men de codering in een handboek opzoeken.

TEST UZELF

11. Vier condensators met gelijke capaciteit zijn tot 100 V geladen. Welke van volgende types houdt zijn lading het langste vast?

natte elco	O
droge elco	O
polyester condensator	O
polystyreen condensator	O

12. Welke condensator heeft de kleinste afmetingen?

een papiercondensator van 1 µF - 400 V	O
een polyester condensator van 1 µF - 250 V	O
een natte aluminium elco van 1 µF - 40 V	O
en droge tantaal elco van 1 µF - 40 V	O

13. Een polyestercondensator in "nugget"-uitvoering heeft volgend opschrift:

0,82 / 10 / 400

Dit is een condensator van:

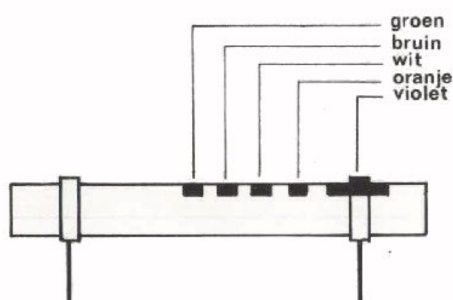
400 pF	O
10 nF	O
400 V max.	O
10 V max.	O

14. De tolerantie van deze condensator bedraagt:

wit
wit
groen
bruin

10%	O
5%	O
± 25 pF	O
± 1 pF	O

15.



De TC van deze condensator is:

$-33 \cdot 10^{-6}/^{0}C$	O
$-330 \cdot 10^{-6}/^{0}C$	O
$-750 \cdot 10^{-6}/^{0}C$	O
onbekend	O

